
	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.2 Geomorfología

5.1.2.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

De acuerdo con INGEOMINAS⁶², la expresión morfológica del terreno depende de los tipos de materiales, la disposición estructural, los procesos naturales que interactúan de acuerdo con el ambiente o condiciones externas e internas dominantes y el tiempo de duración de los mismos (Gregori, 1978 en Kéller y Rockwell, 1984; Roberston, 1990, Carvajal, 2002). Lo anterior permite determinar la siguiente concepción geomorfológica:

$$\text{GEOFORMA/ PAISAJE} = \Sigma \text{FACTORES INTERNOS} + \Sigma \text{FACTORES EXTERNOS}$$

La interpretación de la geomorfología tiene por finalidad la descripción de las formas del terreno, y la explicación de su génesis (origen), evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales, la clasificación de los paisajes según el proceso o agente natural dominante, composición, edad y explicación de la magnitud de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores.

“Al comprender cada uno de los elementos y procesos naturales que le dan origen al paisaje, es posible deducir o pronosticar el comportamiento del terreno con relación a diversos procesos naturales y antrópicos. De igual manera se puede lograr reconocer y deducir la resistencia de los materiales litológicos relacionados a los procesos y a las condiciones degradacionales y denudacionales. El análisis de las condiciones geomorfológicas conduce a:

- Entender la influencia y control de las estructuras geológicas regionales sobre las geoformas (Ej.: escarpes y drenajes asociados).*
- La génesis de las geoformas, que reflejan la dinámica de los procesos naturales actuales: endógenos y exógenos (denudación, acumulación).*
- Relacionar la geometría de los terrenos (las formas de las laderas) a tipos de movimientos antiguos o activos de remoción en masa. En algunos casos permite deducir situaciones críticas o potenciales.*
- Establecer la magnitud de la dinámica de los procesos denudativos que están actuando sobre una geoforma en particular.*
- Las relaciones espaciales de las geoformas, debido a que determinan zonas homogéneas con características litológicas y geomecánicas similares”.*

Este documento cumple con los requerimientos de los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en resolución 751 de 2015, “Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia

⁶² INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la cartografía Geomorfológica a para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Bogotá, 2004.

ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos”, y para ello se ha llevado la metodología propuesta por INGEOMINAS (2004), que se explica a continuación.

La propuesta metodológica de cartografía geomorfológica de INGEOMINAS (2004), aplica los principios generales y métodos de análisis de los sistemas de clasificación y evaluación de terrenos P.U.C.E (provincia, patrón, unidad y componente de terreno), desarrollado con fines ingenieriles por Grant, (1967 y 1978 en Ferrero y García, 1987), Cortés (1989), y Carvajal (2002, propuesta para INGEOMINAS).

El análisis geomorfológico utilizado en este proyecto es concordante con la jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2002). Las categorías utilizadas de mayor a menor son: zona geoestructural, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico,

Para llevar a cabo la cartografía geomorfológica requerida, se cumplieron las siguientes etapas de trabajo.

5.1.2.1.1 Recopilación de información secundaria y cartografía temática

Consulta, evaluación y análisis de los estudios del medio físico por medio de los cuales se realizó la caracterización de las unidades geomorfológicas; corresponden a estudios de suelos de tipo general, en razón a la relación suelo-paisaje establecida en la prospección pedológica, la cual es desarrollada sobre unidades geomorfológicas identificadas, acordes con el sistema solicitado en los términos de referencia de Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de carreteras y/o túneles (resolución 751 de 2015).



5.1.2.1.2 Interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas

A partir de ortofotomapa (2015) del área de estudio y fotografías aéreas relacionadas en la Tabla 5-12, se realizó fotointerpretación geomorfológica, que junto con el trabajo de campo, permitió mejorar el nivel de detalle de la cartografía a escala 1:10.000.

Fotografías aéreas obtenidas del Convenio Gobernación de Antioquia – EPM – ISAGEN – IGAC, 2010 - 2011, escala aproximada 1:10.000 – 1:15.000.

Tabla 5-12 Fotografías aéreas interpretadas

Vuelo	Faja	Fotos	Fecha	Nº fotos
14603008072011	21	768-774	08/07/2011	7
14603008072011	20	805-811	08/07/2011	7
14603008072011	19	888-894	08/07/2011	7
14603020032010	18	309-314	20/03/2010	6
14603020032010	17	217-223	20/03/2010	10

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Vuelo	Faja	Fotos	Fecha	Nº fotos
13003015032010	18	1845-1852	05/03/2010	8
13003015032010	19	1744-1748	05/03/2010	5
13003015032010	17	1858-1861	15/03/2010	4
Total fotos				54

5.1.2.1.3 Trabajo de campo

Consistió en el reconocimiento geomorfológico del área de influencia, donde se corroboraron y complementaron las características de las diferentes unidades geomorfológicas delimitadas en la fotointerpretación; también se complementó la información de la morfodinámica en el área de influencia.

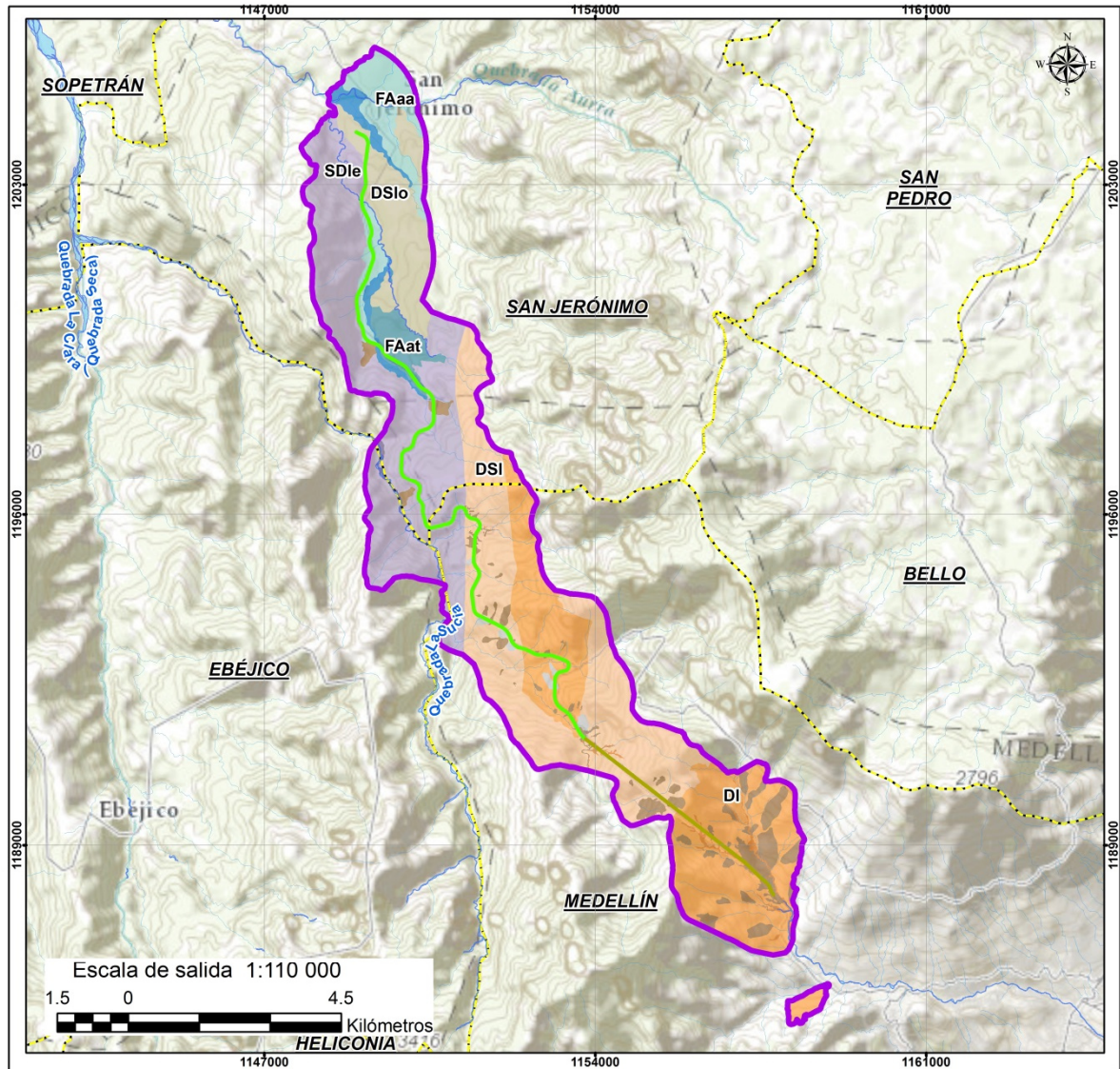
5.1.2.1.4 Informe

El informe de geomorfología comprende la descripción características morfológicas, morfométricas y morfodinámicas del área de influencia. Como parte del informe de caracterización se realizó el mapa de Geomorfología, escala 1:10.000.

5.1.2.2 Geoformas asociadas a unidades geomorfológicas

El área de influencia se localiza en la vertiente occidental de la Cordillera Central, desde la parte alta en un relieve de montañas con alturas desde 2200 msnm hacia la margen derecha del río Cauca con alturas hasta 500 msnm. El área de estudio está conformada por dos unidades geomorfológicas: Montañas y Piedemonte, que conforman la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre el límite occidental del Valle de Aburrá y la población de San Jerónimo. La Figura 5-42 y Tabla 5-13 presentan las unidades geomorfológicas que comprende el área de estudio, su génesis y características morfográficas y morfodinámicas.

Figura 5-42 Mapa geomorfológico Unidad Funcional 1



EIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO UF 1 Y 3

CONVENCIONES GENERALES

- Área de Influencia
- Unidad Funcional 1
- Unidad Funcional 3
- Drenaje Sencillo
- Drenaje Doble
- Limite Municipal



CONVENCIONES TEMÁTICAS

Unidad Geomorfológica			
DSII	DII	SDcr	
DSlo	Dve	SDle	
DSve	FAaa	SDve	
Dcr	FAat		
DI	Fve		

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



Tabla 5-13 Unidades Geomorfológicas

Z. Geost.	Prov. Geom	Reg. Geom.	Unidad geomorfológica		Subunidad geom.	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símb.
Cordillera	Cordillera Central	Denudativa	Montañas	Denudativas (D)	Filas y Vigas	Rocas ígneas intrusivas y granitos néisicos, masivos, drenaje subdendrítico, medianamente denso; desarrollan suelos residuales profundos	Laderas (I)	Relieve de laderas largas a muy largas, irregulares a escalonadas, cimas redondeadas; drenajes profundos, con predominio de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%).	Se caracteriza por abundantes depósitos de ladera, cicatrices de antiguos deslizamientos y deslizamientos activos.	DI
							Valles estrechos aluviales y/o coluvio aluviales (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%).	-	Dve
							Coluvio de remoción (cr)	Depósitos de ladera de dimensiones variables, ubicados en las vertientes; formas irregulares y pendientes entre fuertemente inclinadas (12-25%) y fuertemente escarpadas (75-100%).	-	Dcr
						Materiales resultantes de sobrantes de excavaciones de la construcción de la vía actual Medellín – Santa Fe de Antioquia. Composición heterométrica y dimensiones variables,	Lleno antrópico (II)	Dispuestos a media ladera, en terrenos de fuertes pendientes (25-50% hasta >75%).	Algunos han evidenciado movimientos e inestabilidad geotécnica, y han requerido intervención e implementación de obras de control y estabilidad	DII
				Denudativas estructurales (DS)	Filas y Vigas	Rocas de bajo y medio grado de metamorfismo, caracterizada por esquistos cuarzo sericíticas, esquistos verdes y misceláneo rocoso que comprende además rocas intrusivas máficas tipo gabros y granitos néisicos	Laderas (I)	Laderas muy largas y rectas, patrón de drenaje subparalelo, cimas angostas, subangulares,	Morfodinámica alta. Alta susceptibilidad a caída de rocas, con presencia de abundantes cicatrices de deslizamientos y deslizamientos activos.	Dsl
							Valles estrechos aluviales y/o coluvio aluviales (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%).		Dsve
							Coluvio de remoción (cr)	Depósitos de ladera de dimensiones variables, ubicados en las vertientes; formas irregulares y pendientes entre fuertemente inclinadas (12-25%) y fuertemente escarpadas (75-100%).	-	DScr
						Materiales resultantes de sobrantes de excavaciones de la construcción de la vía actual Medellín – Santa Fe de Antioquia. Composición heterométrica y dimensiones variables,	Lleno antrópico (II)	Dispuestos a media ladera, en terrenos de fuertes pendientes (25-50% hasta >75%).	Algunos han evidenciado movimientos e inestabilidad geotécnica, y han requerido intervención e implementación de obras de control y estabilidad	DSII

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Z. Geost.	Prov. Geom	Reg. Geom.	Unidad geomorfológica		Subunidad geom.	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símb.
				Estructurales denudativas (SD)	Espinazo	Esquistos cuarzo sericíticos, esquistos verdes, y rocas volcanso sedimentarias, estratificadas de liditas, lodolitas, grauvacas, tobas silicificadas y conglomerados.	Coluvio de remoción (cr)	Depósito de ladera de dimensiones variables, longitud aproximada 450m, ancho 290m, ubicados sobre vertiente de esquistos cuarzo sericíticos, con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%).		SDcr
							Ladera estructural (le)	Relieve de laderas largas y rectas, con predominio de pendientes moderadamente escarpadas (50-75%) a fuertemente escarpadas (75-100%)	Morfodinámica alta, susceptible a deslizamientos planares. Con abundantes deslizamientos activos, afectados por cárcavamiento y erosión en surcos.	SDle
							Valles estrechos aluviales y/o coluvio aluviales (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	-	SDve
Cordillera Central	Deposicional	Piedemonte	Denudativa estructural (DS)	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias clásticas Conformadas por areniscas bien cementadas, areniscas conglomeráticas, arcillas pizarrosas.	Lomerío (lo)	Relieve de lomas y colinas asociado a rocas sedimentarias de la formación Amagá; altura media 40-50m, cimas subangulares, medianamente angostas, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%),	Áreas afectadas principalmente por sobrepastoreo grado moderado alto; susceptible a erosión en surcos y cárcavas		DSlo
			Aluvial diluvial (FA)	Abanicos aluviales	Sedimentos no consolidados provenientes del piedemonte de la cordillera Central	Cuerpo y base de abanico aluvial (aa)	Poco disectado, de pendientes planas a ligeramente planas (0-3%).	Morfodinámica baja.		FAaa
			Coluvial (C)	Coluvio de remoción	Sedimentos no consolidados provenientes del piedemonte de la cordillera Central	Abanico terraza (at)	Poco disectado, de pendientes moderadas a fuertemente inclinadas (7-25%).	Morfodinámica baja.		FAat
			Aluvial (F)	Valle aluvial	Depósitos aluviales no consolidados	Cono coluvial (cc)	Depósitos de ladera de dimensiones variables, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	Morfodinámica baja.		Ccc
						Valle estrecho aluvial (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes planas a ligeramente planas (0-3%) y en menor proporción fuertemente inclinadas (12-25%).			Fve

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

5.1.2.2.1 Unidad geomorfológica: Montañas

Esta unidad geomorfológica se subdivide, de acuerdo con su génesis en tres tipos: Montañas Denudativas (D), Denudativas estructurales (DS), Estructurales denudativas (SD).

5.1.2.2.1.1 Montañas denudativas (D)

Corresponde a un relieve sobre rocas ígneas intrusivas de la Diorita de Altavista y Granito néisico de Palmitas. Desarrolla montañas de laderas largas a muy largas (800-1100m), escalonadas con presencia de cicatrices de antiguos deslizamientos; cimas redondeadas y angostas. Los drenajes son profundos, con abundantes escarpes de deslizamientos antiguos, Fotografía 5-91 y Fotografía 5-92.

Fotografía 5-91 Panorámica al E del túnel, ver movimientos en masa de grandes dimensiones asociados a la Diorita de Altavista





Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-92 Panorámica del relieve en montañas denudativas en rocas intrusivas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Las rocas intrusivas desarrollan suelos residuales profundos, sobre los cuales es común que se generen deslizamientos de grandes dimensiones, antiguos y recientes, que evidencian la alta susceptibilidad a movimientos en masa; las pendientes varían entre fuertemente inclinadas (12-25%) a moderadamente escarpadas (50-75%) y en menor proporción fuertemente escarpadas (75-100%). Son laderas irregulares, de cimas subangulares y angostas. Los drenajes se encuentran medianamente disectados, afectados en sus márgenes por movimientos en masa.

Esta unidad geomorfológica está compuesta por filas y vigas también conocidas como crestas ramificadas: *“Se caracterizan por su gran uniformidad y amplitud con crestas que se extienden en diferentes direcciones, de las cuales se desprenden numerosas ramificaciones que van perdiendo altura hacia sus extremos”*⁶³; esta unidad geomorfológica está conformada por laderas (DI), ver Fotografía 5-93, valles estrechos aluviales (Dve) y coluvios de remoción (Dcr), Fotografía 5-94.

En la Unidad funcional 3, se identifica en K00+198 – K00+289, K00+640 – K02+917, K05+359 – K05+366. En las unidades funcionales 1 y 2.1, en K00+000 – K01+290, K01+470 – K01+623, K01+679 – K03+039.

Fotografía 5-93 Laderas en rocas montañas denudativas con abundantes deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos (DI)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

⁶³ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. Bogotá, 2005.

Fotografía 5-94 Panorámica de coluvios de remoción en montañas denudativas (Dcr), K02+600, UF1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- Caracterización geomorfológica ZODME 1



El ZODME 1 se ubica en esta unidad geomorfológica de montañas denudativas, en un paisaje de filas y vigas. Se localiza en una ladera de forma cóncava, encajonada, con laderas de pendientes escarpadas (35°), vegetación de pastos y árboles de pinos dispersos. Fue utilizado en su parte baja como escombrera, actividad terminada y estabilizada mediante obras de manejo de aguas de escorrentía y empradización; este depósito presenta dos niveles de terrazas de altura aproximada 10m, pendiente 25° - 30° ; no se identificaron áreas inestables.

El ZODME proyectado pretende subir a una cota superior del actual depósito de escombros, Fotografía 5-95 a Fotografía 5-98.

Fotografía 5-95 Cunetas y disipadores de energía construidos para estabilizar escombrera



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

Fotografía 5-96 Escombrera en parte baja de área proyectada para ZODME 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-97 Ubicación Zodme 1





Fotografía 5-98 Ubicación Zodme 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.1.2 Montañas denudativas estructurales (DS)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Dentro de esta categoría se incluyeron rocas metamórficas con influencia estructural y denudacional, por efecto de la meteorización y degradación de las rocas. En este caso, las unidades de Esquistos cuarzo sericíticos y Esquistos verdes, a pesar de presentar alta influencia estructural, también se encuentran afectados por procesos de disección y remoción de materiales a través erosión, movimientos en masa y avenidas torrenciales.

En la Unidad Funcional 3 se identifica en K02+917 – K05+359 y en la unidad funcional 1, en los K03+287 – K03+437, K03+681 – K03+955, K04+185 – 05+469, K05+531 – K06+738, K06+758 – K06+762.

Est unidad geomorfológica se caracteriza por un paisaje de montañas de laderas largas a muy largas, rectas, pendientes desde ligeramente escarpadas (25-50%) hasta fuertemente escarpadas (75-100%) y localmente totalmente escarpadas (>100%). Patrón de drenaje subparalelo a subdendrítico, cimas angostas y subangulares, con presencia de abundantes cicatrices de deslizamientos, Fotografía 5-99.



Fotografía 5-99 Panorámica de Montañas denudativas estructurales (DS)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Esta unidad geomorfológica está compuesta por filas y vigas conformadas por laderas (DSI), Fotografía 5-100, valles estrechos aluviales y/o coluviales (DSve) y coluvios de remoción (DScr).

Fotografía 5-100 Laderas en paisaje de filas y vigas (DSI), alrededores del K6+200

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.1.3 Montañas estructurales denudativas (SD)

Corresponde a un paisaje de montañas que se desarrollan sobre rocas volcano sedimentarias de la Formación Quebradagrande (KvQG) y Esquistos cuarzo sericíticos (Pzes) del Grupo Ayurá Montebello, los cuales se encuentran en contacto fallado y presentan una morfología de montañas altas, laderas largas, rectas, patrón de drenaje paralelo y disectado, pendientes desde fuertemente inclinadas (12-25%) hasta totalmente escarpadas (>100%), ver Fotografía 5-101. Esta unidad geomorfológica no se presenta en la Unidad Funcional 3 y en la Unidad Funcional 1 es observada en K06+738 – K06+758, K06+762 – K11+338.

Fotografía 5-101 Alrededores de K09+400. Panorámica laderas estructurales en paisaje de montañas estructurales denudativas (SDle)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La subunidad geomorfológica que caracteriza las montañas estructurales denudativas, son los Espinazos, compuestos por Laderas estructurales (SDle) y valles estrechos aluviales (SDve). Las laderas estructurales se caracterizan por la presencia de cañones profundos en V como es el caso de la quebrada La Rochela, con profundidades hasta de 50m, Fotografía 5-102.

Fotografía 5-102 Valle estrecho en V, quebrada Miserenga



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.2 Unidad geomorfológica: Piedemonte



“El paisaje de piedemonte corresponde a una planicie inclinada con topografía de glacis, que se extiende al pie de sistemas montañosos, serranías y escarpes de altiplancies y que ha sido formada por la sedimentación de corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas”⁶⁴.

En el área de estudio el piedemonte corresponde a la transición del paisaje de montañas y el valle aluvial del río cauca. Esta unidad geomorfológica se subdivide, de acuerdo con su génesis en cuatro tipos: Piedemonte denudativo – estructural (DS), Piedemonte aluvio – diluvial (FA), Piedemonte coluvial (C) y Piedemonte aluvial (F). Tiene un cubrimiento de 974,16 ha (18,2%).

5.1.2.2.2.1 Piedemonte denudativo estructural

Compuesto de lomas y colinas de rocas sedimentarias clásticas de la Formación Amagá, y se ubica en las terminaciones la vertiente occidental de la Cordillera Central. Esta unidad

⁶⁴ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. Bogotá, 2005.

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

geomorfológica tiene un cubrimiento en el trazado de la vía por K16+345 – K17+800.

Son colinas de altura media 40-50m, cimas subangulares, medianamente angostas, con predominio de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a moderadamente inclinadas (7-12%), en algunos sectores la pendiente alcanza a ser ligeramente escarpada (25-50%), ver Fotografía 5-103.

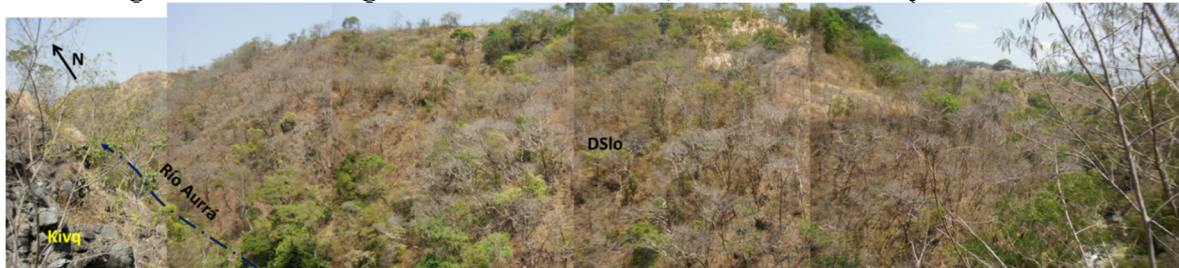
Fotografía 5-103 Panorámica de lomas y colinas de piedemonte (DSlo), alrededores de K16+500



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



Se identificaron en esta unidad geomorfológica, las subunidades Lomerío (DSlo5), que corresponden a un relieve de colinas de 40-50m de altura, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%), cimas redondeadas, angostas a medianamente amplias, afectadas por sobre pastoreo, ver Fotografía 5-104.

Fotografía 5-104 Margen derecha río Aurrá, relieve de lomas y colinas (DSlo)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Estos terrenos se encuentran afectados por sobrepastoreo en grado moderado a severo y son susceptibles a erosión en surcos y cárcavas, Fotografía 5-105.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-105 Panorámica hacia el NW de lomas y colinas de piedemonte



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.2 Piedemonte aluvio – diluvial (FA)



Conformado por abanicos aluviales y abanicos terraza, disectados por ríos y quebradas como las quebradas Santa Juana, Aguamala y río Aurrá. Esta unidad geomorfológicaserá cruzada en K11+353 - K12+818, K12+838 - K12+872, K13+058 - K16+340, ver Fotografía 5-106.

Esta unidad geomorfológica corresponde a depósitos no consolidados de origen coluvio aluvial, con pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) a fuertemente inclinadas (12-25%) hacia el sur del área de estudio, que corresponde el límite entre el paisaje de montañas y el paisaje de piedemonte. Hacia el norte de esta zona, disminuye la pendiente, presentándose esta unidad geomorfológica con pendientes planas a ligeramente planas (0-3%), Fotografía 5-106 y Fotografía 5-107.

Fotografía 5-106 Abanico aluvial disectado, tramo entre K11+350 – K12+800



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-107 Abanico aluvial, relieve plano a ligeramente plano, tramo K13+057 – K16+333



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.2.3 Piedemonte coluvial (C)

Es una pequeña unidad geomorfológica cartografiada únicamente en el tramo K12+872 – K13+059. Corresponde a depósitos de ladera provenientes de paisajes de montañas denudativas de la Diorita de Heliconia.

5.1.2.2.2.4 Piedemonte aluvial (F)

Unidad geomorfológica de origen aluvial, asociada al río Aurrá y quebrada Santa Juana. Está conformada por valles aluviales, asociados a la quebrada Santa Juana en un pequeño tramo en K12+817 – 12+836. El relieve de esta unidad geomorfológica es fuertemente inclinado (12-25%) a moderadamente inclinado (7-125%).

5.1.2.3 Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos en el área de influencia

Para evaluar la evolución morfodinámica de la región, se tuvieron en cuenta dos periodos de análisis del área de estudio. El primero de ellos corresponde a la interpretación de procesos morfodinámicos sobre fotografías aéreas de un periodo 2010 - 2011 y el segundo periodo corresponde a la interpretación de la imagen Ortofotomapa (2015) del área de estudio.

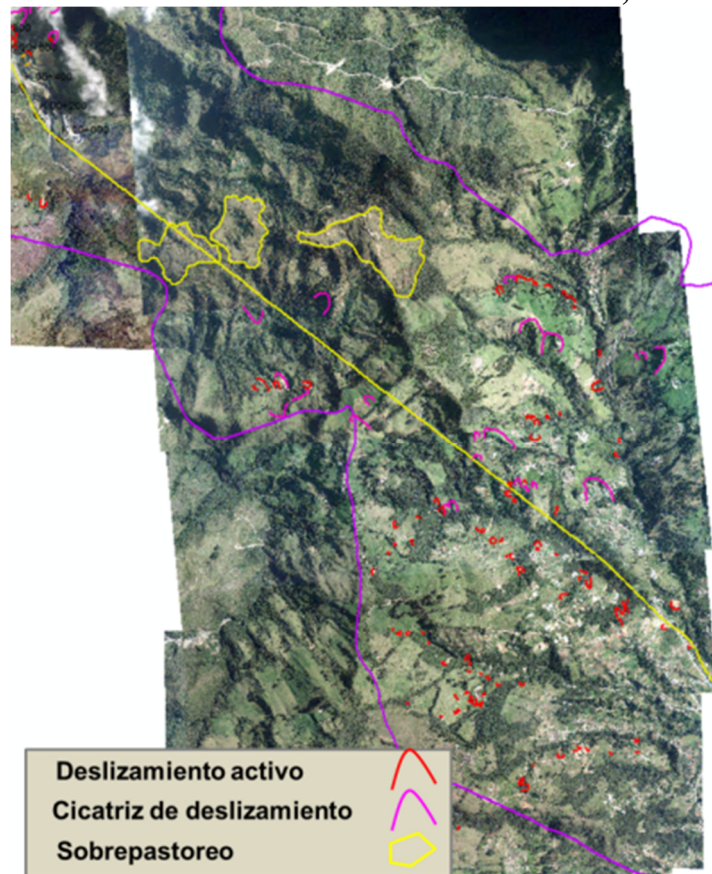
Para el análisis de esta morfodinámica se trabajó con base en la sectorización geológica – geomorfológica realizada en el numeral 5.1.1.6.

5.1.2.3.1 Morfodinámica Periodo 2.010 – 2.011

5.1.2.3.1.1 Unidad funcional 3

Este tramo, que comprende el paso por dos unidades litológicas, Diorita de Altavista (Kida) y Esquistos Cuarzo sericíticos (Pzes), muestra para esta época, la presencia de abundantes deslizamientos activos, principalmente sobre la Diorita de Altavista; son movimientos en masa de ancho y longitud entre 10 – 50m. En este tramo se identificaron 106 deslizamientos activos, concentrados principalmente en suelos residuales de la Diorita de Altavista. En menor proporción se identificaron 27 cicatrices de deslizamientos de dimensiones mayores a los deslizamientos activos, ancho entre 20 – 140m y altura entre 10-90m; se presentan tanto en la Diorita de Altavista como en los Esquistos cuarzo sericíticos. Hacia el portal de salida, en la unidad Esquistos cuarzo sericíticos (Pzes), se observan áreas afectadas por sobrepastoreo en grado moderado.

Fotografía 5-108 Morfodinámica tramo Unidad Funcional 3, Periodo 2.010 – 2.011



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Fotografías aéreas (2010-2011)

5.1.2.3.1.2 Unidad Funcional 1

5.1.2.3.1.2.1 Tramo salida túnel de occidente (K00+000 – K03+039)

Este tramo se caracteriza por la presencia de 28 deslizamientos activos asociados en su mayoría a taludes resultantes de la construcción de la actual vía Medellín – Santa Fe de

Antioquia; sus dimensiones varían entre ancho 20 – 110m, altura 20 – 120m. Muchos de estos deslizamientos activos tienen asociados procesos erosivos como surcos y cárcavas, ver Figura 5-43.

Se presentan también cicatrices de deslizamientos (se cartografiaron 17), asociadas algunas de ellas con una gran zona inestable, localizada entre K00+500 – K00+900 de la vía existente, Figura 5-44. Algunos de los deslizamientos y cicatrices de deslizamientos tienen asociados erosión en surcos y cárcavas de magnitud moderada a severa.

Figura 5-43 Morfodinámica tramo K00+000 – K03+039, Periodo 2.010 – 2.011

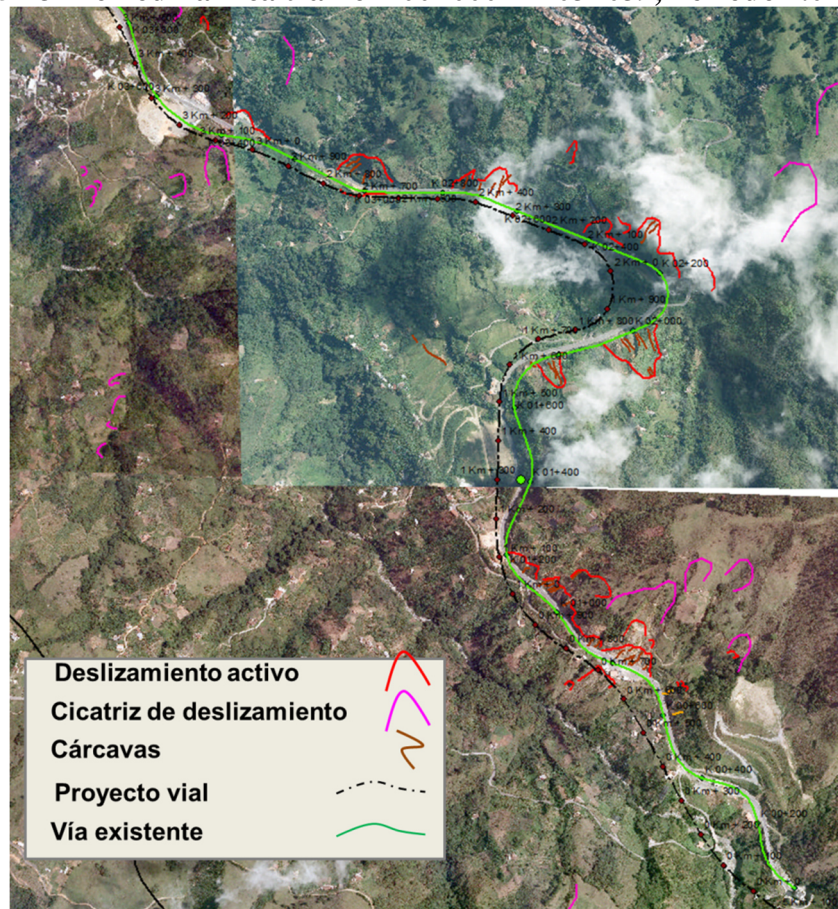
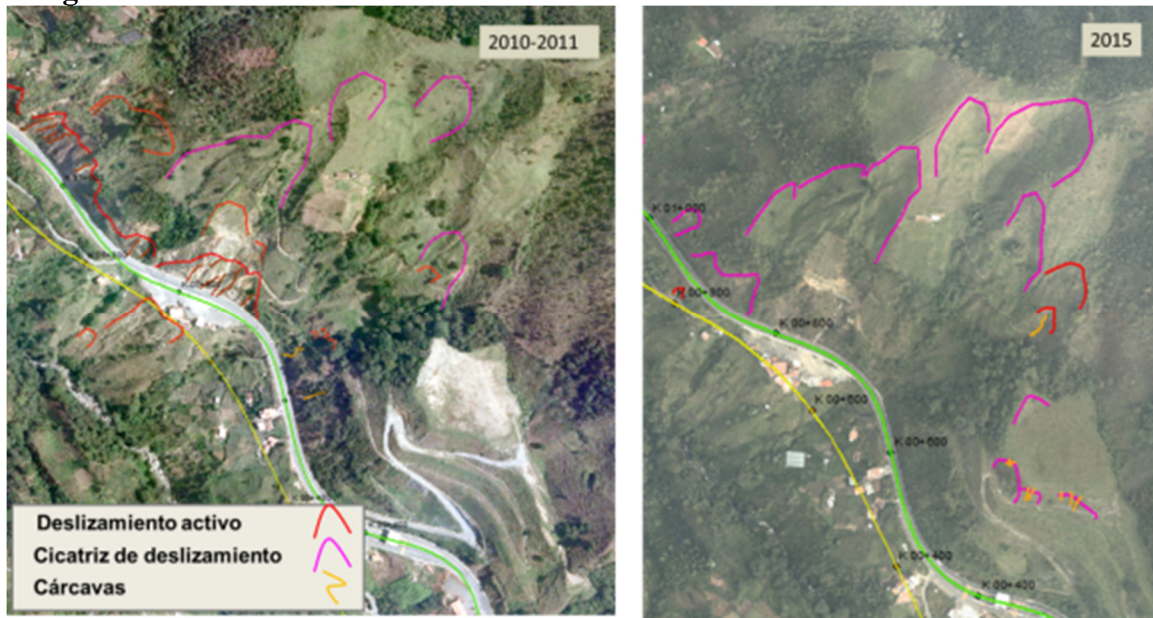


Figura 5-44 Morfodinámica en subtramo K00+500 – K00+900 de la vía existente

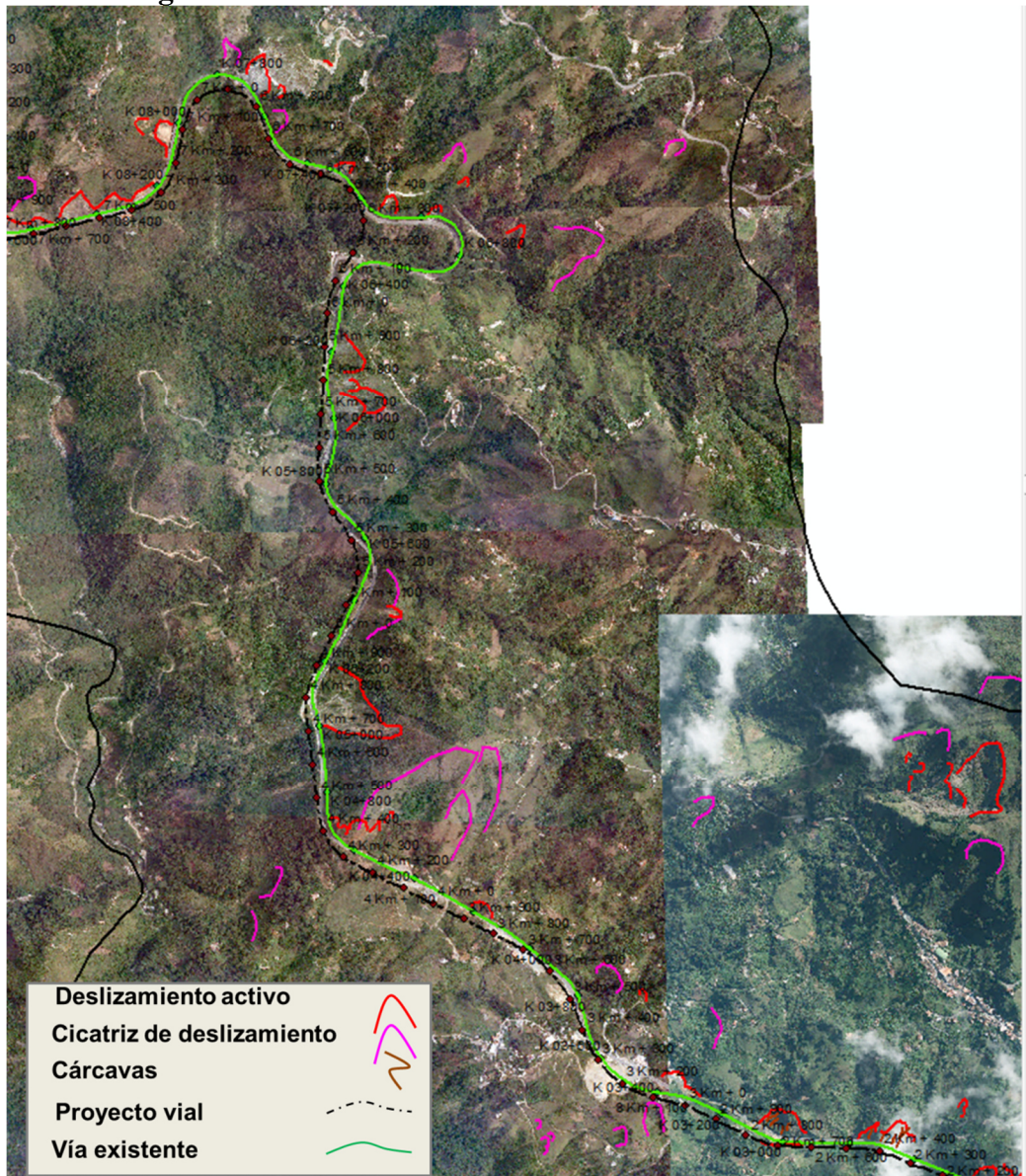


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.3.1.2.2 Tramo K03+039 – K07+280

Este tramo corresponde a la zona de mayor influencia del sistema de fallas San Jerónimo – La Sucia. Se cartografiaron 30 deslizamientos activos asociados a taludes de la vía existente, y 30 cicatrices de deslizamientos antiguos, de dimensiones entre ancho 50 – 180m y altura 40 – 150m, los de mayor magnitud se encuentran asociados a los cortes de la vía, y los demás se encuentran dispersos, principalmente en las zonas de contacto fallado entre Esquistos cuarzo sericíticos (Pzes) y Gabros de Romeral (Jgr).

Figura 5-45 Morfodinámica en tramo K03+039 – K07+280



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Fotografías aéreas (2010-2011)

5.1.2.3.1.2.3 Tramo K07+280 – K10+800

Este tramo corresponde al paso de la vía por rocas con volcánicas de la Formación Quebradagrande, caracterizado por relieve de montañas estructurales, de pendientes moderadamente escarpadas (75-100%) a totalmente escarpadas (>100%).

Para el periodo 2010 – 2011, se identificaron 11 deslizamientos activos asociados a cortes de la vía, de dimensiones medias entre 70 – 180m de ancho y 30 – 110m de altura; cuatro cicatrices de deslizamientos de 70 – 130m de ancho y 90 – 110m de altura (Figura 5-46).

Figura 5-46 Morfodinámica en tramo K07+280 – K10+800

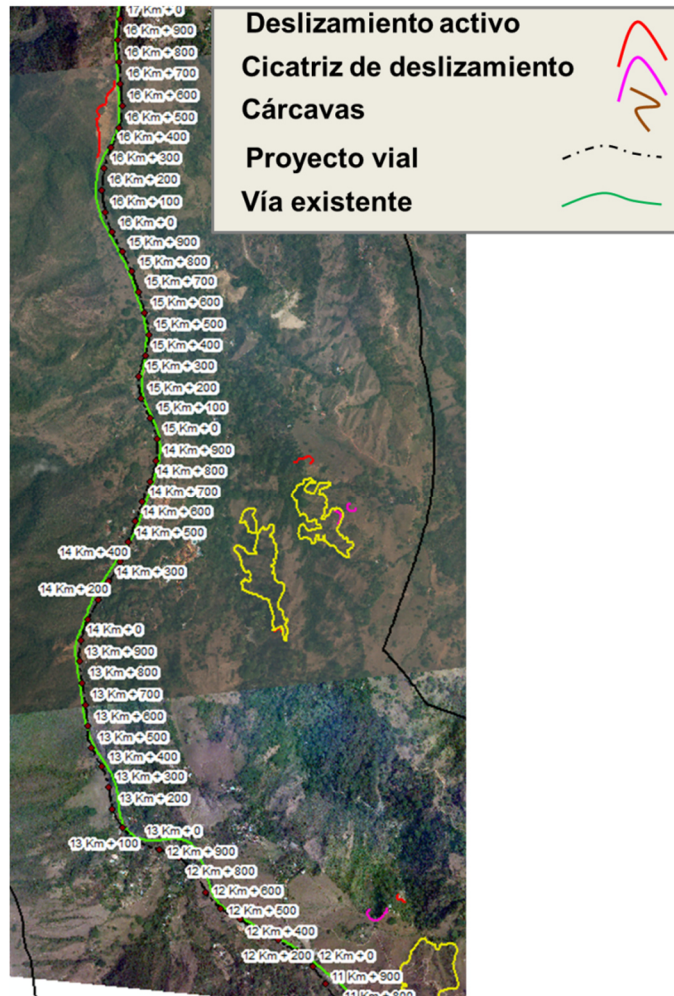


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Fotografías aéreas (2010-2011)

5.1.2.3.1.2.4 Tramo K10+800 – K16+333

Este tramo corresponde al paso de la vía a través un depósito coluvio aluvial, que conforma un abanico aluvial proveniente del piedemonte de la Cordillera Central. La vía pasa cerca del contacto discordante de este abanico aluvial con rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande. Esta zona es de relieve fuertemente inclinado (12-25%) a moderadamente inclinado (7-12%). Gran disminución de los eventos morfodinámicos, solo se identificaron cuatro deslizamientos activos y tres cicatrices de deslizamientos. En esta región empieza a observarse área afectadas por sobrepastoreo, grado moderado, ver Figura 5-47.

Figura 5-47 Morfodinámica en tramo K10+800 – K16+333

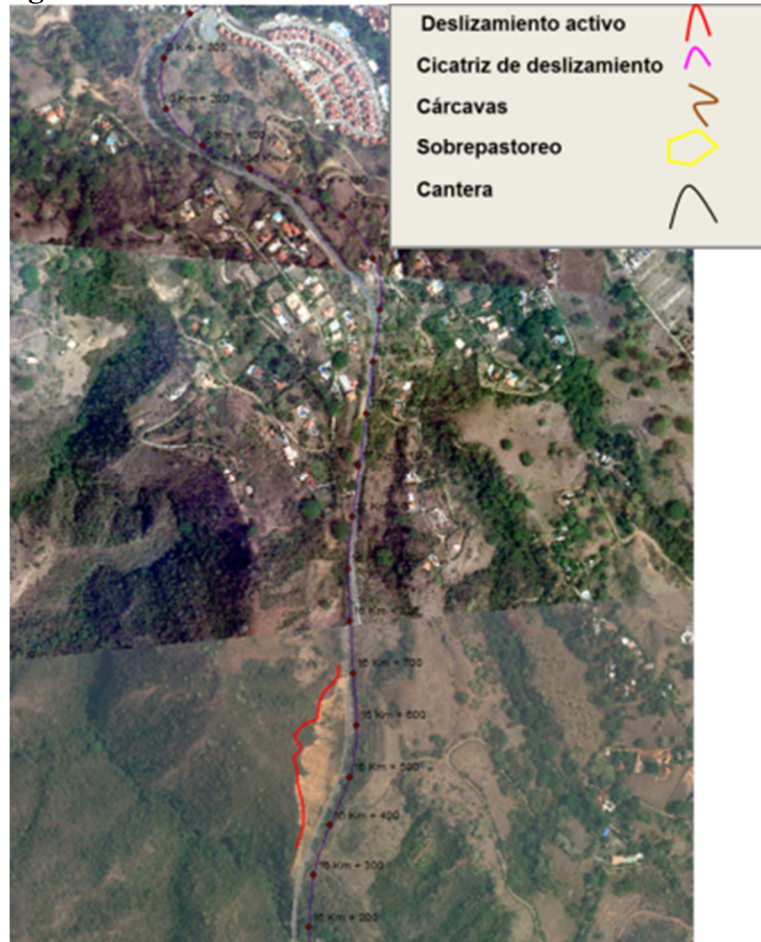


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Fotografías aéreas (2010-2011)

5.1.2.3.1.2.5 Tramo K16+333 – K17+800

La vía cruza en este tramo paralela al contacto entre rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande (KvQG) y rocas sedimentarias de la Formación Amagá (Ngpas). Los procesos erosivos más significativos se identificaron en los taludes en rocas volcánicas, de grandes dimensiones y de alta susceptibilidad a caídas de roca; se identificaron dos deslizamientos activos que generan alta inestabilidad sobre la vía actual, Figura 5-48.

Figura 5-48 Morfodinámica en tramo K16+333 K17+800



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Fotografías aéreas (2010-2011)

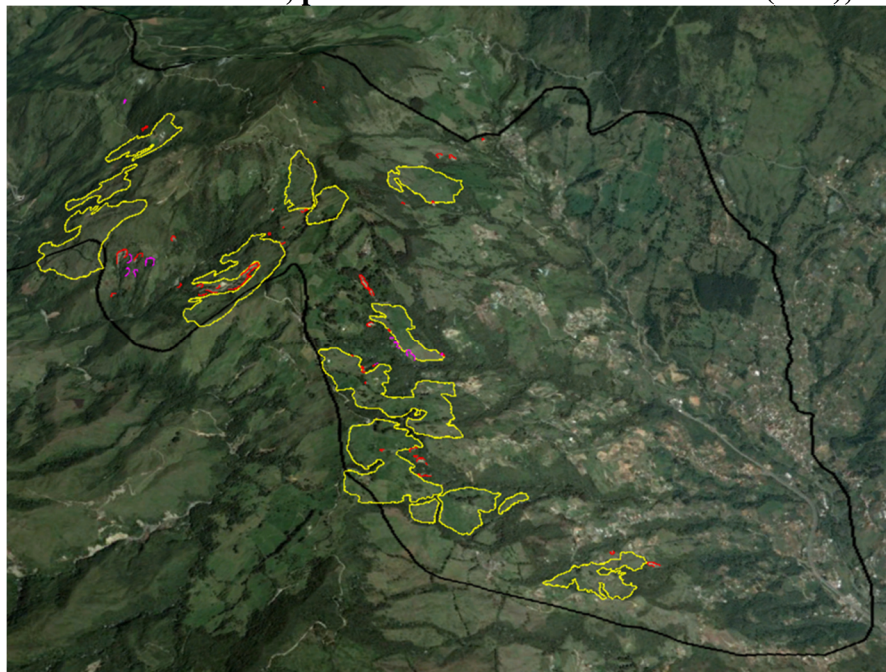
5.1.2.3.2 Morfodinámica 2015 (Ortofotomapa)

La imagen ortofotomapa de 2015 aporta información reciente del estado de evolución de los procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa identificados en el periodo 2010 – 2015.

5.1.2.3.2.1 Unidad funcional 3

Debido a la ausencia de cubrimiento de la imagen en este tramo, no fue posible realizar una evaluación completa de la morfodinámica a partir de la ortofotomapa (2015), por lo que se recurrió a un apoyo con la imagen de google earth (periodos 2012- 2015). Se identificaron 40 deslizamientos activos, 11 cicatrices de deslizamientos, cuatro cárcavas de grado moderado y 17 zonas afectadas por sobrepastoreo grado moderado a bajo.

Figura 5-49 Morfodinámica, parte NW de Unidad Funcional 3 (UF3), 2012-2015



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; Google earth (2012-2015)

Al comparar la evolución morfodinámica en este tramo, se observan abundantes deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, sin embargo, son significativamente menores que en el periodo 2010 – 2011. En el 2010-2011 se cartografiaron 106 deslizamientos activos y en 2012-2015 solo 40; así mismo, en 2010-2011 se identificaron 27 cicatrices de deslizamientos en en 2012-2015 solo 11. Esto se puede explicar por diferencia en la resolución de las imágenes consultadas, es decir, la imagen google earth no suministró suficiente nitidez para asegurar que la disminución en los eventos morfodinámicos sea debida a una reducción de la actividad morfodinámica de la región.

El evento morfodinámico que aumentó para este periodo fueron las áreas afectadas por sobrepastoreo, grado bajo a moderado, puesto que en 2010 –2011 solo se identificaron tres zonas y en 2012-2015 se cartografiaron 17.

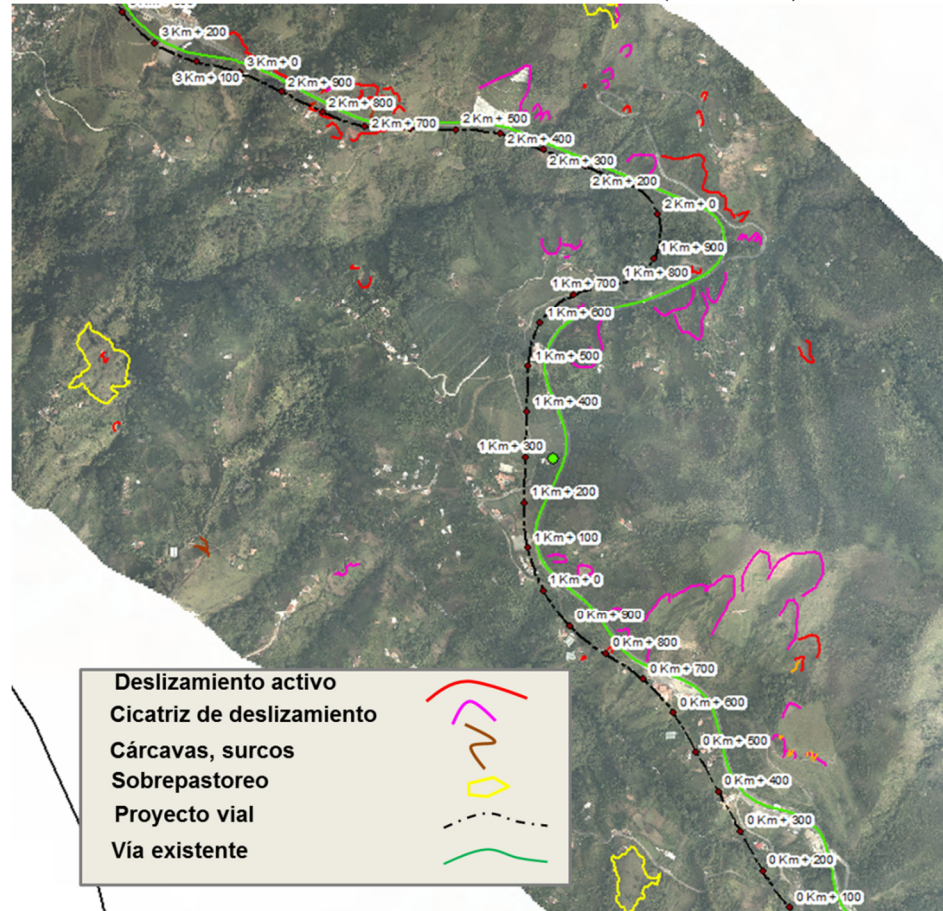
5.1.2.3.2.2 Unidades Funcional 1

5.1.2.3.2.2.1 Tramo salida túnel de occidente (K00+000) – K03+039

Para esta época, se identificaron 34 deslizamientos activos de dimensiones medias ancho 10 - 30m, altura entre 10-20m; se cartografiaron 46 cicatrices de deslizamientos de dimensiones ancho 20 – 90m altura 30b – 80m; la mayoría de estos eventos están asociados a la vía. También se identificó erosión en surcos y cárcavas, grado moderado (18 procesos

cartografiados) y sobrepastoreo en grado moderado; este último proceso morfodinámico no fue identificado para el periodo 2010 - 2011.

Figura 5-50 Morfodinámica salida túnel de occidente (K00+000) – K03+039, 2015



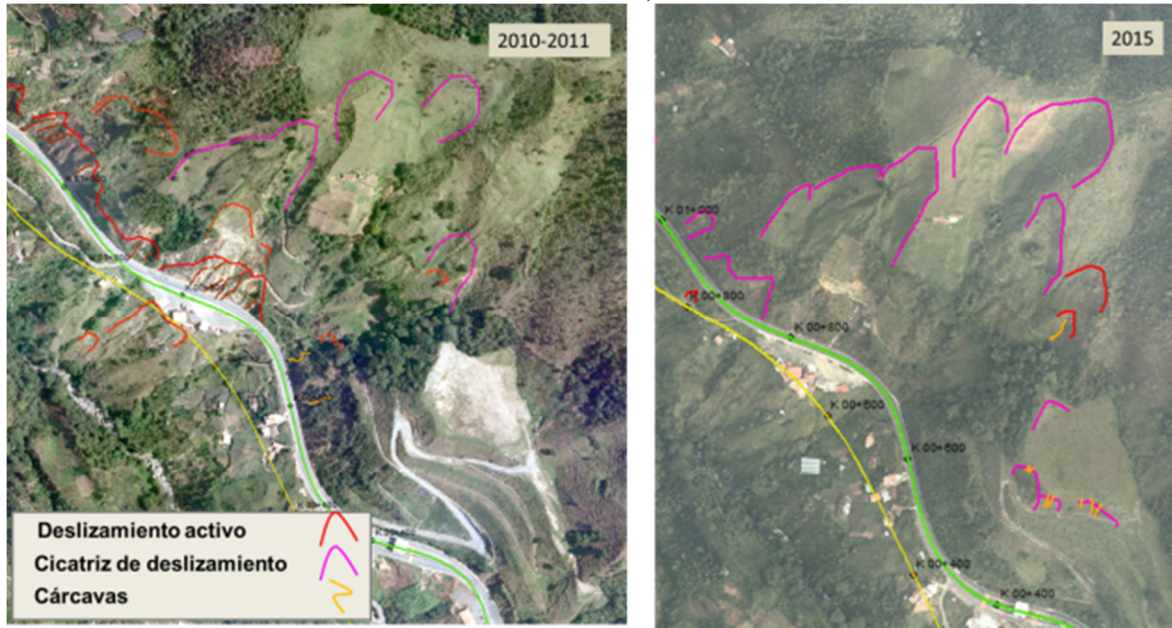
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

Dentro de los focos erosivos más significativos en este tramo se encuentra el tramo K00+400 – K00+800 (zona inestable sobre la vía existente) y el K02+300 – K03+039, cuya evolución se describe a continuación:

5.1.2.3.2.1.1 K00+400 – K00+800

Entre el 2010-2011 y el 2015, se observa una tendencia a estabilizarse, el terreno afectado por deslizamientos sobre la vía, principalmente porque esta zona cuenta con obras de estabilización. Sin embargo, este sector es altamente inestable y susceptible de reactivarse, Figura 5-51.

Figura 5-51 Evolución de la morfodinámica en el K00+500 – K00+900 (abscisado vía existente)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; fotografías aéreas (12010-2011); ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.1.2 K02+300 – K03+039

En algunos deslizamientos activos para el periodo 2010 – 2011 se han implementado obras geotécnicas de estabilización y actualmente se encuentran en proceso de recuperación; al igual que en sector anterior, son áreas de alta susceptibilidad y cualquier intervención del terreno puede reactivar los deslizamientos actualmente en proceso de recuperación, Figura 5-52.

Figura 5-52 Evolución de la morfodinámica en el K02+300 – K03+039 (abscisado vía nueva)

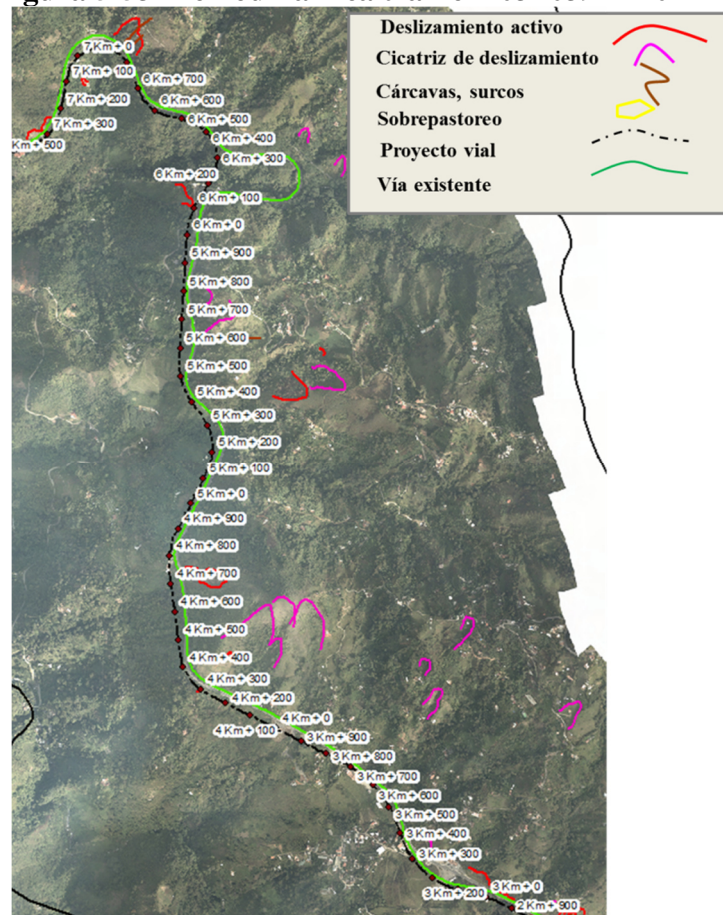


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; fotografías aéreas (12010-2011); ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.2.2 Tramo K03+039 – K07+280

Para el 2015 se cartografiaron 12 deslizamientos activos asociados a taludes de la vía existente, de dimensiones entre 20 – 100m de ancho y altura entre 30 -150m. También se identificaron 14 cicatrices de deslizamientos antiguos, de dimensiones entre 50 – 180m de ancho y altura 40 – 150m, los de mayor magnitud se encuentran asociados a los cortes de la vía, y los demás se encuentran dispersos, principalmente en las zonas de contacto fallado entre Esquistos cuarzo sericíticos (Pzes) y Gabros de Romeral (Jgr), Figura 5-53.

Figura 5-53 Morfodinámica tramo K03+039 – K07+280



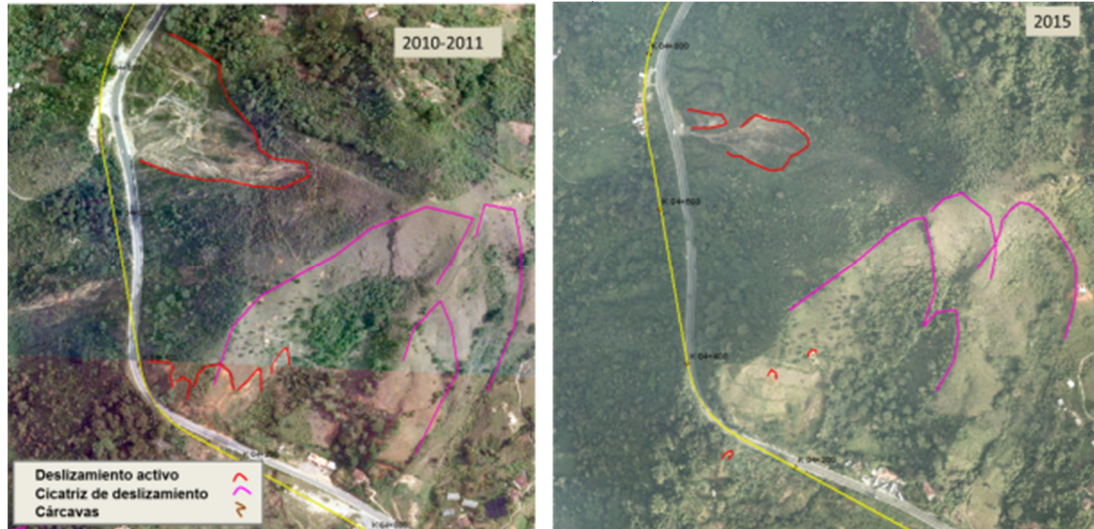
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.2.2.1 K04+000 – K04+800

En este tramo se identificó un sitio crítico entre K04+00 – K04+800, ver Figura 5-54 (ver numeral 5.1.1.6.2.2.2); el cual se localiza en zona de contacto fallado entre Gabros de Romeral (Jgr), Granito néisico de Palmitas (Pgnp) y Esquistos Verdes (Pev), Figura 5-55. Este sector evidencia alto grado de inestabilidad a través del tiempo, con presencia de cicatrices de deslizamientos de gran magnitud (ancho 120-130m, altura 200 – 200m) y

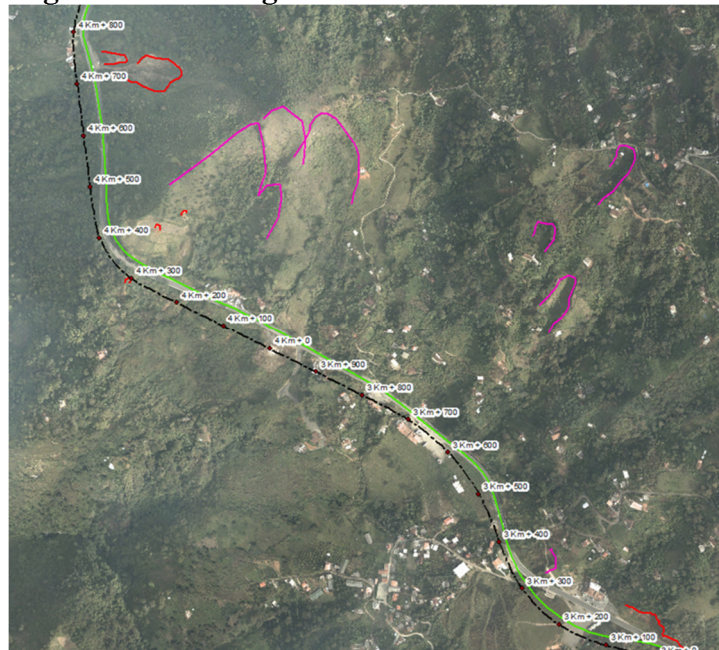
abundantes depósitos de deslizamientos (Qd) que evidencian los diferentes eventos generados a través del tiempo. Adicionalmente, en el K04+800 se muestra un deslizamiento activo en los periodos de evaluación (Figura 5-54), aunque para el 2015 se muestra una tendencia a estabilizarse.

Figura 5-54 Evolución de la morfodinámica en el K04+000 – K04+800 (abscisado vía nueva)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; fotografías aéreas (12010-2011); ortofotomapa (2015)

Figura 5-55 Geología en tramo K04+000 – K04+800



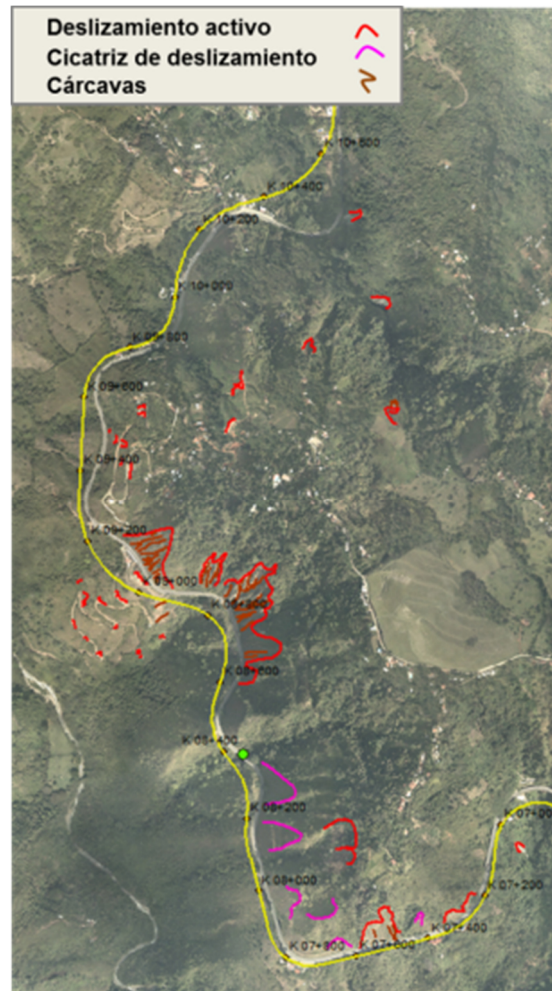
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.2.3 Tramo K07+280 – K10+800

En este tramo para el 2015, se identificaron 38 deslizamientos activos ubicados la mayoría a lo largo de la vía actual, y asociados a taludes de esta carretera; aumentó en gran medida la erosión en cárcavas de grado severo (43 procesos identificados) y en grado moderado (12 procesos identificados), asociada principalmente a las áreas de deslizamientos tantos activos como cicatrices de deslizamientos, Figura 5-56; se identificaron 12 cicatrices de deslizamientos.

Este tramo corresponde al paso de la vía por rocas con volcánicas del complejo Quebradagrande, caracterizado por relieve de montañas estructurales, de pendientes moderadamente escarpadas (75-100%) a totalmente escarpadas (>100%). La presencia de abundantes deslizamientos activos indica la alta inestabilidad geológica de este tramo y alta susceptibilidad a movimientos en masa.

Figura 5-56 Morfodinámica tramo K07+280 – K10+800



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

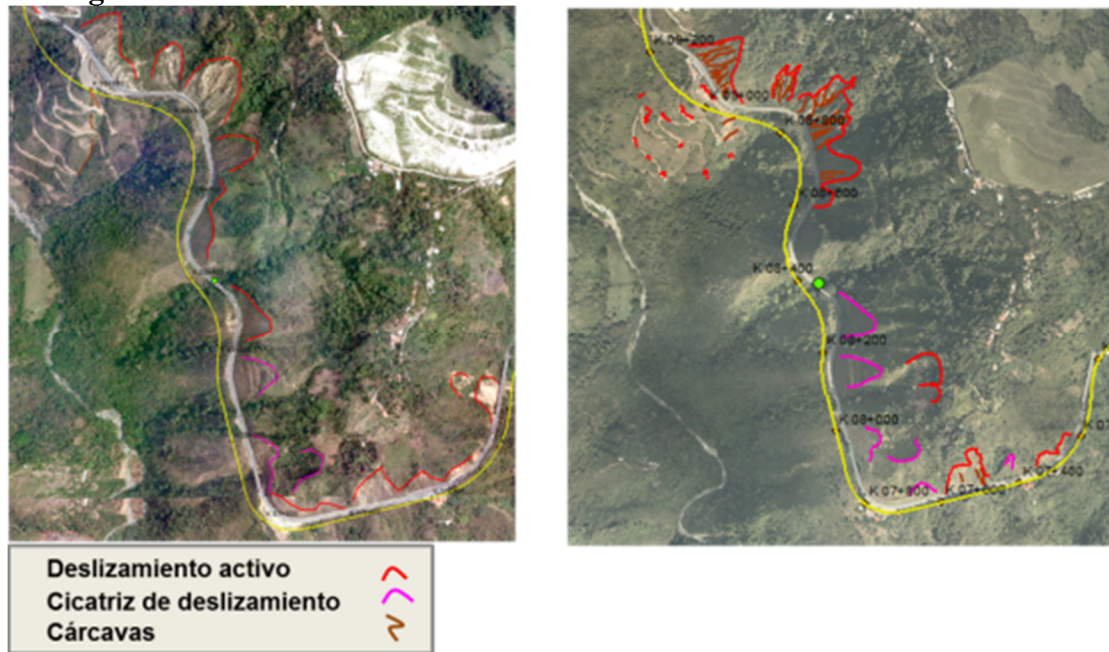
Específicamente en el subtramo K07+280 – K09+130, a lo largo de la vía actual se presentan deslizamientos activos, identificados desde el periodo 2010 – 2011, hasta la fecha, en la Fotografía 5-109 se muestra el tipo de taludes que caracteriza este subtramo, susceptible a caídas de roca. En la Figura 5-57 se muestra un comportamiento constante en los taludes de este tramo, considerados activos y susceptibles de caída de rocas.

Fotografía 5-109 Talud inestable en K08+800 (abscisado nueva vía)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 5-57 Evolución morfodinámica de subtramo K04+7280 – K09+130

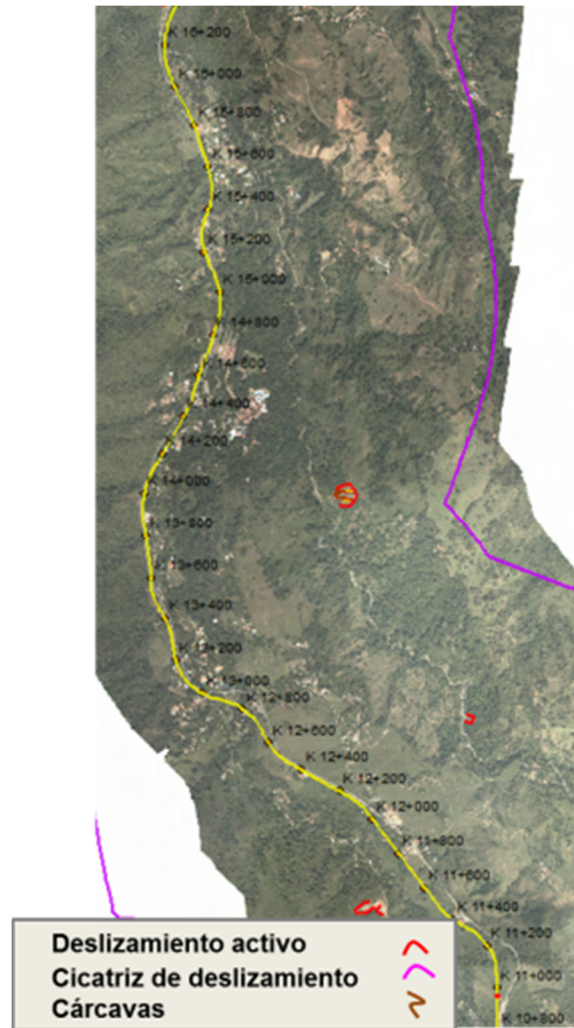


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; fotografías aéreas (12010-2011); ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.4 Tramo K10+800 – K16+333

Este tramo en que la vía cruza principalmente por depósitos cuaternarios de abanicos aluviales, de relieve fuertemente inclinado (12-25%) a moderadamente inclinado (7-12%), el terreno es de apariencia estable y no se observan procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa significativos. Para el periodo 2015 de identificaron tres deslizamientos activos, lejos de la vía actual y del trazado de la nueva vía (Figura 5-58).

Figura 5-58 Morfodinámica tramo K10+800 – K16+333

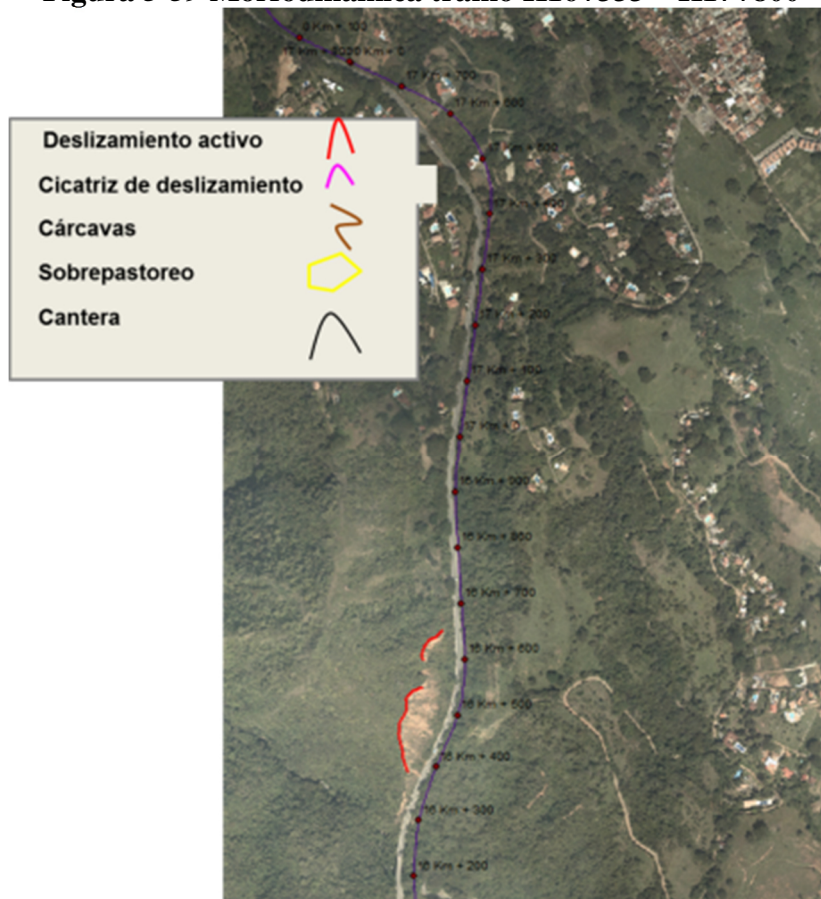


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.2.2.5 Tramo K16+333 – K17+800

Para este periodo, el comportamiento del terreno es muy similar al identificado en 2010 – 2011; se identificaron dos deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, asociados a taludes de la vía, en las rocas volcánicas, de alta susceptibilidad a caídas de roca (Figura 5-59).

Figura 5-59 Morfodinámica tramo K16+333 – K17+800



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016; ortofotomapa (2015)

5.1.2.3.3 Conclusiones

- Unidad funcional 3 (UF3). Esta zona se caracteriza por abundantes deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, principalmente en suelos residuales de la Diorita de Altavista. Se evidencia un aumento en el desarrollo de áreas afectadas por sobrepastoreo, en grado moderado y bajo.
- K00+500 – K00+900 y K02+300 – K03+039. Entre el 2010-2011 y el 2015, se observa tendencia a estabilizarse el terreno afectado por deslizamientos sobre la vía, principalmente porque esta zona presenta obras de estabilización. Sin embargo, este sector es altamente inestable y susceptible de reactivarse.
- K04+000 – K04+800. zona de contacto fallado entre Gabros de Romeral (Jgr), Granito néisico de Palmitas (Pgnp) y Esquistos Verdes (Pev); alto grado de inestabilidad, con presencia de cicatrices de deslizamientos de gran magnitud (ancho 120-130m, altura 200 – 200m) y abundantes depósitos de deslizamientos (Qd) que evidencian los diferentes eventos generados a través del tiempo. En el K04+800 se muestra deslizamiento activo en los periodos de evaluación pero con tendencia a estabilizarse.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- K07+200 – 10+800. Se caracteriza por la presencia de abundantes deslizamientos activos en rocas volcánicas de pendientes >50%, que indica alta inestabilidad geotécnica. Entre el K07+280 – K09+130, el comportamiento de los deslizamientos es constante, es decir, continúan considerándose activos y susceptibles de caídas de roca.
- Tramo K10+800 – K16+333. Terreno de apariencia estable.

Entre el tramo K16+333 – K17+800, se cruzará por deslizamientos en roca, de alta susceptibilidad a caída de rocas, cuando la vía cruce por rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.3 Paisaje

La caracterización del paisaje tiene como objetivo determinar las unidades de paisaje regional en el área de influencia y su interacción con el proyecto. Se analizan las características generales del territorio con el objetivo de proporcionar un nivel de entendimiento del lugar y de la forma como los habitantes lo han transformado, que permita y facilite la toma de decisiones a escala territorial, en las que sean consideradas también las calidades del paisaje.

La gestión del paisaje, a escala territorial, es importante en el sentido que busca asegurar una alta calidad escénica, generalmente con predominio del paisaje natural, lo que enriquece y mejora la calidad de vida de las personas y beneficia a la sociedad (USDA, 1995). En consecuencia el paisaje se considera dentro de la escala de la ecología, y su análisis se realiza teniendo en cuenta elementos tanto biofísicos como antrópicos.

La Ecología del Paisaje es una disciplina que estudia la estructura, funcionamiento y cambios en el mosaico paisajístico, desde un área silvestre hasta un área urbana, visto desde una perspectiva ecológica, focalizada en el componente territorial (Forman & Godron, 1986). El territorio sufre continuamente modificaciones resultado de dinámicas como la presión urbana sobre áreas rurales, la simplificación de la matriz productiva, el avance de las áreas agrícolas sobre las áreas naturales, la adopción de lo urbano cada vez con mayor frecuencia como modalidad de vida, el aumento de la huella ecológica de las ciudades, la degradación de valores patrimoniales, etc. (Soba, 2012). Es por ello que se hace necesario caracterizar las dinámicas que influyen la transformación del paisaje de una forma integral, haciendo posible la evaluación de los componentes tanto naturales como culturales del territorio.

El paisaje se define como la apariencia general de un lugar incluyendo los atributos y particularidades de sus diferentes escenarios y perspectivas visuales (Galliano & Loeffler, 2000). Desde la Ecología del Paisaje, este se entiende como el escenario físico de un lugar producto de procesos naturales y/o antrópicos, que interactúan a diferentes escalas y proporciones (Eckbo, 1969). Por ende el paisaje se compone de elementos biofísicos (relieve, agua y vegetación) y elementos culturales (también llamados antrópicos) que, dependiendo de la escala de análisis, pueden ser desde edificaciones hasta centros poblados, o desde pequeñas plantaciones hasta grandes áreas agroindustriales (Magill, 1992).

La caracterización del paisaje busca dar una impresión general del escenario resultante de la interacción entre los procesos naturales y las influencias humanas, por lo que se analizan principalmente dos elementos: las geoformas y las coberturas (Galliano & Loeffler, 2000). El primer elemento del paisaje es definido como las formas de la superficie terrestre y el segundo se entiende como la oferta ambiental y el uso que el hombre da a las mismas. De esta manera es posible analizar la apariencia biofísica del área geográfica en estudio y su relación con un contexto cultural.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La unidad fundamental para dicho análisis se denomina “unidad de paisaje local” y surge del cruce entre la información referente a geomorfología y coberturas. Por ende la unidad de paisaje local se define como una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas, producto de la actividad biofísica (de las rocas, agua, aire, biota) y de un contexto cultural (actividad del hombre), que por su fisionomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas (Zonneveld, 1989).

5.1.3.1 Unidades de Paisaje Local

Para determinar las unidades de paisaje regional, se parte del análisis del levantamiento fisiográfico y el de cobertura. La fisiografía se determina de acuerdo con el sistema de clasificación fisiográfica CIAF, 1997 (Villota H. , 1997), y las coberturas por medio de la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia. La escala de análisis es 1:25.000.

La caracterización fisiográfica presenta la clasificación de las geoformas en el contexto ambiental y su unidad fundamental lo constituye el paisaje fisiográfico y la caracterización de coberturas de la tierra relaciona las coberturas tanto antrópicas como naturales.

5.1.3.2 Descripción del Proyecto Frente al Componente Paisajístico

El paisaje del área de influencia se clasifica dentro de la segunda categoría definida por la UNESCO como “paisajes evolucionados orgánicamente”. Es decir que su forma y apariencia actual es resultado de la interacción de procesos sociales, económicos y político/administrativos junto con el ambiente natural (UNESCO, 2008). Dichos paisajes reflejan claramente su evolución al analizar la interacción entre sus sistemas naturales y antrópicos (también llamados culturales). En este sentido la caracterización del paisaje busca comprender la estructura, funcionamiento y evolución del paisaje, teniendo en cuenta dichos sistemas.

5.1.3.2.1 Unidades de Paisaje Fisiográfico

El modelo fisiográfico integra múltiples elementos de análisis de la dimensión espacial y temporal relacionados con las geoformas, hidrología, litología, relieve, clima, flora, fauna y la acción antrópica.

En la Clasificación Fisiográfica del Terreno, la unidad de paisaje constituye el elemento fundamental de análisis que permite ordenar la investigación física y biótica, gracias a que varios factores responsables de la morfogénesis, son los mismos que originaron la diferenciación de los perfiles edáficos y la distribución de la vegetación (Villota H. , 1997).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Por lo tanto, cuando se comprende la relación que existe entre la ocurrencia de un tipo determinado de comunidad biótica y el paisaje donde sucede, es posible hacer generalizaciones y extrapolaciones válidas de los resultados con relativa seguridad (Villota, 1992), (Botero, 1990)).

La información fisiográfica suministrada permite tener una comprensión integral de los aspectos físicos y bióticos en las áreas de influencia ya que sirve de base para realizar los muestreos del componente biótico y facilita las labores del diseño de estratificación para el inventario forestal y es la base objetiva para la calificación del paisaje en cuanto a calidad y fragilidad visual.

Se efectúa el Análisis Fisiográfico de la zona de estudio conforme al Sistema CIAF-1997 de Clasificación Fisiográfica del Terreno el cual permite jerarquizar una zona, de lo general a lo particular, en cinco categorías como son:

- * Provincia fisiográfica
- * Unidad climática
- * Gran Paisaje
- * Paisaje
- * Subpaisaje

Se realizó la interpretación digital en pantalla con Arcgis 10.1, haciendo uso de imágenes de radar en banda L denominado Palsar_Alos1, superior a la resolución de los modelos SRTM y Aster-GDEM 2, las cuales tienen cubrimiento sobre todo el territorio. También se realizó interpretación con imágenes Rapideye y ortofotos.



5.1.3.2.1.1 Provincias Fisiográficas

Es la primera categoría del sistema equivalente a una región morfológica que permite al usuario ubicarse espacialmente dentro de la región. En esta categoría pueden prevalecer una o más unidades climáticas, estando constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial (Villota, 1992).

Las relaciones de parentesco geológico se refieren a la litología y estructuras predominantes en los relieves iniciales, ligadas a procesos endógenos (tectodinámicos) que los originaron. Las relaciones topográficas se consideran a nivel de macrorrelieve, o sea, a nivel regional, y las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición de la unidad en el contexto medioambiental.

Para el área de influencia comprende una única provincia fisiográfica y esta corresponde a la Cordillera Central Vertiente Occidental.

5.1.3.2.1.2 Unidad Climática

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La unidad climática es una división de la provincia fisiográfica caracterizada por una temperatura promedio anual y una condición de humedad lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en la evolución del relieve y de sus suelos, así como una cobertura vegetal y/o uso de la tierra específicos (Villota, 1992), (Villota H. , 1997) y (Villota H. , 2005)).

Para el área de influencia se identificaron 4 unidades climáticas representativas; la unidad frío húmedo a muy húmedo, se presenta en alturas entre los 2000 y 3000 msnm, precipitaciones anuales de 1000 a 4000 mm y temperaturas entre 12 y 18 °C; la unidad templado húmedo a muy húmedo, se presenta en alturas entre los 1000 y los 2000 msnm, con temperaturas entre 18 y 24 °C y precipitaciones anuales de 1000 a 4000 mm; la unidad templado seco se ubica entre los 1000 y los 2000 msnm, con precipitaciones entre de 500 a 1000 mm y temperaturas que oscilan entre 18 y 24 °C; la unidad cálido seco, se presenta en alturas entre los 500 y los 1100 msnm, con temperaturas mayores a los 24 °C y precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm.

5.1.3.2.1.3 Gran Paisaje

La unidad de Gran Paisaje corresponde al tercer nivel de la clasificación fisiográfica la cual debe estar asociada a una unidad climática. Comprende complejos de paisaje con relaciones de afinidad de tipo climático, geo genético, litológico y topográfico (Villota H. , 1997).

Para el área de influencia se identificaron dos unidades de Gran Paisaje; Relieve Montañoso Fluvio-Gravitacional, asociado a material proveniente de erupciones volcánicas y otros, como rocas ígneas y metamórficas, que dada la actividad volcánica presentan complejos asociados a cenizas, también se evidencian depósitos aluviales y coluviales mixtos; Valle Aluvial Intramontano del Río Cauca, cuyo material parental está asociado principalmente al depósito de sedimentos aluviales y rocas sedimentarias, como resultado de la dinámica de las aguas y el arrastre de diferentes materiales por parte del río Cauca (IGAC, 2007).

5.1.3.2.1.4 Paisajes y Subpaisajes

El paisaje constituye la unidad fisiográfica más homogénea en cuanto a su origen, composición, edad y características climáticas, morfológicas y edáficas. El subpaisaje es una subdivisión del paisaje establecida con criterios prácticos, relacionados con el uso y manejo potencial de los suelos (Villota H. , 1997).

El paisaje fisiográfico comprende porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica, que puede describirse en términos de unas mismas características mesoclimáticas, morfológicas, de material litológico y/o edad, dentro del cual se espera una alta homogeneidad (Villota H. , 1997).

El subpaisaje, última categoría del sistema constituye una división del paisaje, establecida

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

según la posición dentro del mismo (ladera, plano superior, talud, etc.), y caracterizada por uno o más atributos morfométricos: v gr. forma y grado de la pendiente, tipo y grado de remoción en masa, grado de disección, clase de condición de drenaje, entre otros aspectos (Villota H. , 1997).

Para el área de influencia de las unidades funcionales 1 y 3 se identificaron diferentes tipos de unidades fisiográficas, las cuales se describen en la Tabla 5-14 junto con su porcentaje de participación. Así mismo en la Figura 5-60 se presenta la distribución espacial de las unidades.

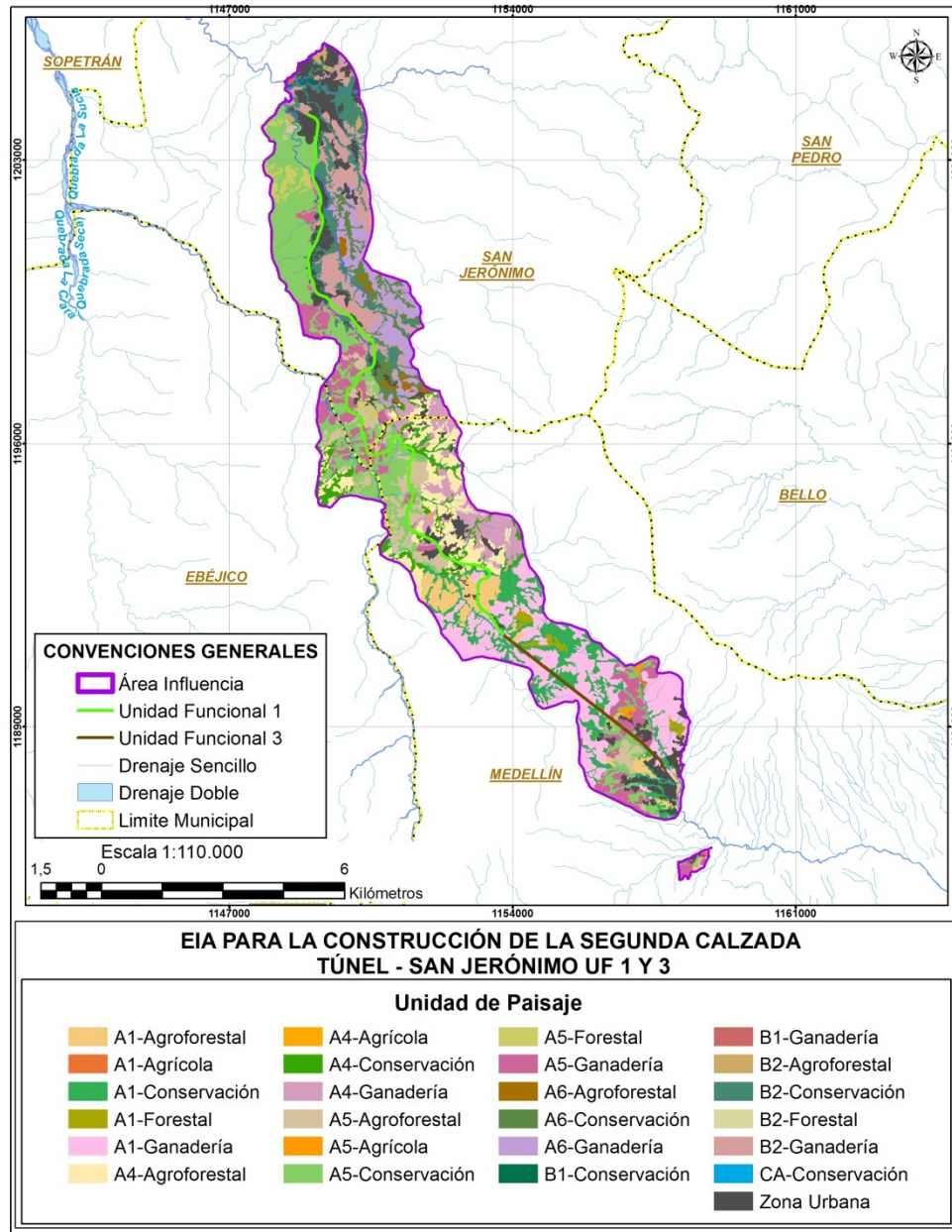
Tabla 5-14 Leyenda fisiográfica de paisaje

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Cordillera Central Vertiente Occidental	Frío húmedo a muy húmedo	Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica	Laderas fuertemente inclinadas con erosión ligera	A1.1	145,15	2,71%
				Laderas moderadamente empinadas con erosión moderada	A1.2	196,93	3,68%
				Laderas empinadas con erosión moderada	A1.3	755,9	14,13%
			Crestas ramificadas en cuarzodioritas y granodioritas	Laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas	A2.1	344,83	6,44%
			Crestas ramificadas en granitos y cuarzodioritas	Laderas empinadas con erosión ligera	A3.1	364,79	6,82%
	Templado húmedo a muy húmedo		Crestas ramificadas en esquistos	Laderas moderadamente empinadas con erosión moderada	A4.1	819,49	15,32%
				Laderas empinadas con erosión moderada	A4.2	452,11	8,45%
	Templado Seco		Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	Laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas	A5.1	4,18	0,08%
				Laderas empinadas con erosión moderada	A5.2	843,67	15,77%
			Glacis y coluvios de remoción	Superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada	A6.1	336,24	6,28%

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
				Superficie fuertemente inclinada ligeramente erosionada	A6.2	453,39	8,47%
	Cálido seco	Valle Aluvial Intramontano del Río Aurrá	Colinas	Colinas moderadamente empinadas severamente erosionadas	B1.1	10,87	0,20%
			Abanicos de terraza en sedimentos aluviales	Superficie ligeramente inclinada con pedregosidad superficial	B2.4	266,83	4,99%
				Superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada	B2.6	122,72	2,29%
			Valle aluvial del río Aurrá	Plano de inundación del río Aurrá	B3.1	0,23	0,004%
	Cuerpos de agua					CA	18,02
Zonas Urbanas					ZU	215,11	4,02%
Total						5350,49	100%

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)



Figura 5-60 Distribución espacial de las unidades de paisaje



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.2 Coberturas



Las coberturas identificadas por el componente biótico, con base en la metodología de Corine Land Cover, adaptado para Colombia, se agruparon de acuerdo a su funcionalidad y características morfológicas, obteniendo como resultado cuatro categorías diferenciadas por sus dinámicas, que nos permitirán delimitar zonas homogéneas.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En la Tabla 5-15 se presenta la clasificación de las coberturas dentro de estas categorías de zonas homogéneas.

Tabla 5-15 Zonas Homogéneas para las Unidades Funcionales 1 y 3

Zonas Homogéneas	Uso Actual	Uso	Cobertura
Agrícola	CSS	Cultivos semipermanentes y permanentes semiintensivos	Mosaico de cultivos
	CTS	Cultivos transitorios semiintensivos	Hortalizas
Agroforestal	SAP	Agrosilvopastoril	Mosaico de cultivos con espacios naturales arbustivos
			Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
			Mosaico de pastos y cultivos
			Mosaico de pastos, cultivos y otros espacios naturales
	SPA	Silvopastoril	Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos
			Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos
Conservación	CFP	Forestal protectora	Bosque de galería
			Herbazal denso de tierra firme con arbustos
			Vegetación secundaria alta
	CRE	Recuperación	Remoción en masa
	CRH	Recursos hídricos	Cuerpos de agua artificiales
			Ríos
Forestal	FPP	Protección producción	Arbustal denso alto
			Bosque fragmentado con vegetación secundaria
			Vegetación secundaria baja
	FPR	Producción	Plantación forestal
Ganadería	PEX	Pastoreo extensivo	Pastos arbolados
			Pastos enmalezados
	PSI	Pastoreo intensivo y semiintensivo	Pastos limpios
Zonas Urbanas	ZU	Zonas Urbanas	Otras explotaciones mineras
			Tejido urbano continuo
			Tejido urbano discontinuo

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

		Vía pavimentada
		Vivienda rural dispersa
		Vivienda rural nucleada

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)



Las zonas correspondientes a la categoría forestal-protectora, son áreas que no han sufrido gran intervención humana y las zonas referentes a Zonas Urbanas, Pastoreo Extensivo, Cultivos Transitorios Semintensivos y Protección-Producción son referentes a zonas donde las transformaciones humanas han estado en función de las dinámicas socio-ambientales; por otro lado, las zonas categorizadas como Recuperación y Recursos Hídricos corresponden a zonas que son sensibles ante la intervención humana, ya sea porque han sido altamente degradadas (por minería por ejemplo) o que representan un gran valor ecosistémico (fuentes de agua naturales).

5.1.3.2.3 Determinación de Unidades de Paisaje

Como resultado de la confrontación de las unidades fisiográficas de paisaje y de las coberturas clasificadas en usos, se obtuvieron 34 unidades de paisaje para el área de influencia. En la Tabla 5-16 Unidades de Paisaje Natural se presentan las unidades de paisaje natural identificadas en el área de influencia del tramo Túnel – San Jerónimo, en función de la Fisiografía y el Uso Actual.

Tabla 5-16 Unidades de Paisaje Natural

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Cordillera Central Vertiente Occidental	Frío húmedo a muy húmedo	Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica	A1-Agrícola	4,42	0,08%
				A1-Agroforestal	192,59	3,60%
				A1-Conservación	416,95	7,79%
				A1-Forestal	38,14	0,71%
				A1-Ganadería	732,95	13,70%
	Templado húmedo a muy húmedo		Crestas ramificadas en esquistos	A4-Agrícola	1,07	0,02%
				A4- Agroforestal	353,21	6,60%
				A4-Conservación	168,46	3,15%
				A4-Ganadería	249,07	4,66%
	Templado Seco		Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	A5-Agrícola	13,31	0,25%
				A5-Agroforestal	247,95	4,63%
				A5-Conservación	850,76	15,90%
				A5-Forestal	77,75	1,45%
				A5-Ganadería	417,31	7,80%
			Glacis y	A6-Agroforestal	35,24	0,66%

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)		
			coluvios de remoción	A6-Conservación	150,79	2,82%		
				A6-Ganaderia	254,87	4,76%		
	Cálido seco	Valle Aluvial Intramontano del Río Cauca	Colinas	B1-Conservación	7,95	0,15%		
				B1-Ganadería	2,92	0,05%		
			Abanicos de terraza en sedimentos aluviales	B2-Agroforestal	24,77	0,46%		
				B2-Conservación	269,83	5,04%		
				B2-Forestal	1,53	0,03%		
				B2-Ganadería	327,22	6,12%		
			Cuerpos de agua			CA-Conservación	18,02	0,34%
			Zonas urbanas			ZU	493,41	9,22%
	Total				5.350,49	100,00%		

Fuente: (Consultoría Colombiana S. A, 2016)

Las unidades de paisaje más representativas en el área de influencia corresponden a A5-Conservación con un porcentaje de cobertura del 16%. En segundo lugar se encuentra la unidad A1-Ganadería con un valor de 14%, a estos le sigue la unidad de paisaje A1-Conservación con un porcentaje del 8%.

El restante de las unidades de paisaje del área de influencia de las unidades funcionales 1 y 3 presentan valores iguales o menores al 6% de cobertura con respecto al área total del proyecto.

El 9 % del área está representado por las zonas urbanas el cual se describe en el aparte 5.1.3.4.

5.1.3.2.4 Descripción de las unidades de paisaje

Con el fin de realizar la caracterización de las unidades de paisaje se tuvo en cuenta dos grandes clasificaciones o tipo de paisaje: el paisaje Natural y/o Rural y el paisaje Urbano. A continuación se realiza la descripción del paisaje Natural y/o Rural y posteriormente se realiza la descripción del paisaje Urbano.

Teniendo en cuenta la información de la Tabla 5-16, a continuación se realiza la descripción de las unidades mas representativas en el área de influencia.

5.1.3.2.4.1 Unidad A4-Agroforestal: Crestas ramificadas en esquistos-Usos Agroforestales

Esta unidad está inmersa dentro del relieve montañoso fluvio- gravitacional en las crestas ramificadas en esquistos, participa con un 7% del área de influencia y está asociada a las coberturas de mosaicos de cultivos con espacios naturales arbustivos, mosaicos de pastos,

cultivos y espacios naturales arbóreos, mosaico de pastos, cultivos y otros espacios naturales. En la Figura 5-61 se observa la vista aérea y panorámica de la unidad descrita.

Figura 5-61 Unidad A4-Agroforestal



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.2 Unidad A1-Ganadería: Crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica- Usos Ganaderos

Se encuentra ubicada en el gran paisaje de relieve montañoso fluvio-gravitacional en las crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica. Con una participación del 14%, está asociada a las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y pastos limpios. En la Figura 5-62 se observa la vista aérea y panorámica de la unidad descrita.

Figura 5-62 Unidad A1-Ganadería



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.3 Unidad A1-Conservación: Crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica- Usos de conservación

Se encuentra ubicada en el gran paisaje de relieve montañoso fluvio-gravitacional en las crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica. Con una participación del 8%. Estan asociadas las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios. En la Figura 5-63 se observa la vista aérea y panorámica de la unidad descrita.

Figura 5-63 Unidad A6-Ganadería



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.4 Unidad A5-Conservación: Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica- Usos de Conservación

Esta unidad tiene una participación del 16 % dentro del área de influencia. Se ubica en las crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica. Está relacionado a coberturas boscosas donde predominan árboles y arbustos, aunque también hay presencia de bosques fragmentados con vegetación secundaria.

5.1.3.3 Calidad Visual del Paisaje

La evaluación del paisaje tiene como marco de referencia las unidades de paisaje fisiográfico, las cuales son valoradas considerando atributos claramente visibles en imágenes de sensores remotos y en terreno como son las geoformas y la cobertura.

Se hace uso de las ventajas que ofrece la identificación de unidades de paisaje ya que tienen una alta homogeneidad hacia su interior en cuanto a sus características climáticas,

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	



morfológicas, de material litológico, edad, dentro de las cuales puede esperarse una alta homogeneidad pedológica, así como una cobertura vegetal o un uso de la tierra similares. El paisaje evaluado aquí, se refiere a un escenario natural constituido tanto por la geoforma como por la cobertura asociada ya sea natural o antrópica.

De esta forma se precisa una unidad espacial claramente visible en terreno y en imágenes de sensores remotos y se evita las dificultades que han existido en los estudios ambientales con una definición vaga del concepto de paisaje.

Para la evaluación de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del Bureau of Land Management (Bureau of Land Management, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual, por comparación con una escala de referencia. En la Tabla 5-17 se presentan los criterios y puntuaciones que fueron identificados para cada componente del paisaje.

Tabla 5-17. Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje BLM (1980)

Componente	Criterios de valoración y puntuación		
Morfología	Relieve montañoso, marcado y prominente o bien releve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales	Colinas suevas, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	6	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación con formas, texturas y distribución interesante	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpio y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
	5	3	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Componente	Criterios de valoración y puntuación		
	5	3	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región.
	6	2	1
Actuación humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica
	2	0	

Fuente: (Bureau of Land Management, 1980)

En la Tabla 5-18 se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual.

Tabla 5-18. Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje

Clase	Descripción	Puntaje
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	19-33
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12-18
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poco variedad en la forma, color, línea y textura.	0-11

Fuente: Land Management (BLM, 1980)

La evaluación se realizó en campo para cada una de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia. Los resultados indican que la calidad visual en el área es calidad media (B) y alta (A) para las unidades de paisajes, cuyos rasgos poseen cierta variedad, pero resultan comunes en la región estudiada, pero no son excepcionales y otros que poseen rasgos singulares y sobresalientes.

En la Tabla 5-19 se presenta la evaluación para cada una de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia.

Tabla 5-19 Evaluación de la calidad visual para cada unidad de paisaje

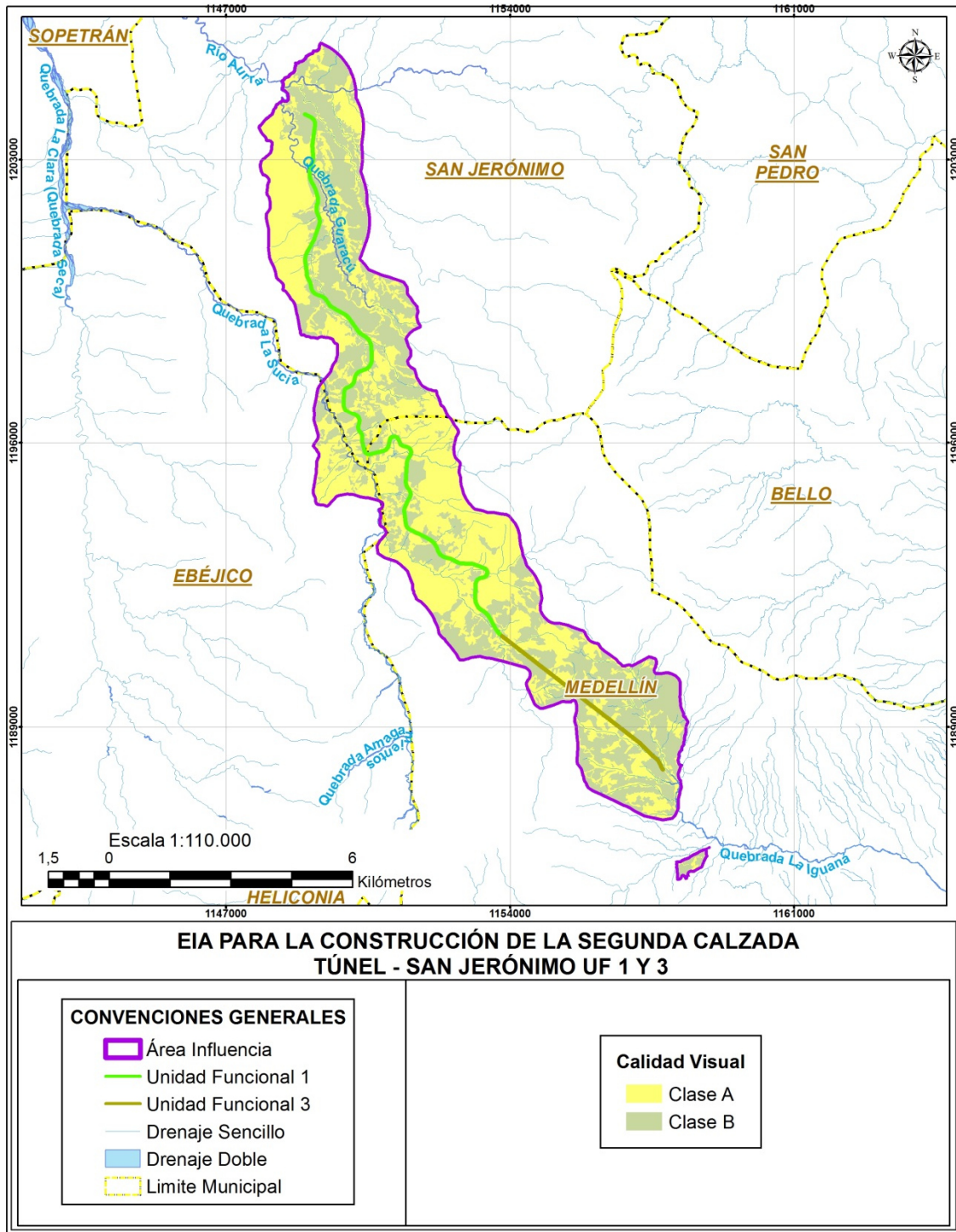
Unidad paisaje	Geomorfología	Fauna	Vegetación	Agua	Color	Fondo Escénico	Rareza	Actuación Humana	Total	Calidad Visual
A1-Agrícola	5	1	3	3	3	5	2	0	22	Clase A
A1-Agroforestal	5	1	3	3	3	5	2	0	22	Clase A
A1-Conservación	5	1	5	3	5	3	2	0	24	Clase A
A1-Forestal	5	2	5	3	5	3	2	0	25	Clase A
A1-Ganadería	3	1	1	3	3	5	1	0	17	Clase B
A4-Agrícola	5	1	3	3	3	3	2	0	20	Clase A
A4-Agroforestal	5	1	3	3	3	3	2	0	20	Clase A
A4-Conservación	3	1	5	3	5	3	2	0	22	Clase A
A4-Forestal	5	2	3	3	5	5	2	0	25	Clase A
A4-Ganadería	5	1	3	3	3	5	1	0	21	Clase A
A5-Agrícola	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
A5-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
A5-Conservación	5	1	5	3	5	3	2	0	24	Clase A
A5-Forestal	5	2	3	3	3	3	2	0	21	Clase A
A5-Ganadería	3	1	1	3	3	5	1	0	17	Clase B
A6-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
A6-Conservación	3	1	5	3	3	3	2	0	20	Clase A
A6-Ganadería	3	1	1	3	3	5	1	0	17	Clase B
B1-Conservación	3	1	3	3	3	5	1	0	19	Clase A
B1-Ganadería	5	1	1	3	5	5	2	0	22	Clase A
B2-Agroforestal	3	1	3	3	3	5	2	0	20	Clase A
B2-Conservación	3	1	3	3	5	3	2	0	20	Clase A
B2-Forestal	3	2	3	3	3	5	2	0	21	Clase A
B2-Ganadería	5	1	1	3	3	3	2	0	18	Clase B
CA-Conservación	5	1	5	5	5	5	2	0	28	Clase A

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

La calidad visual del área de influencia tienen como categoría predominante las áreas con calidad alta con una participación del 60%. El 31 % de participación dentro del paisaje natural se encuentran los paisajes con calidad visual media. El 9 % restante corresponde a unidades de paisaje urbano que se describen en la sección 5.1.3.4. La distribución espacial de la calidad paisajística y de paisaje natural y urbano se muestra en la Figura 5-64y la

Tabla 5-20.

Figura 5-64 Calidad visual del paisaje



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)



Tabla 5-20 Distribución Espacial de la Calidad Paisajística

Tipo de paisaje	Calidad visual	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Natural y rural	Clase A	A1-Agrícola	4,42	0,08
		A1-Agroforestal	192,59	3,60
		A1-Conservación	416,95	7,79
		A1-Forestal	38,14	0,71
		A4-Agrícola	1,07	0,02
		A4-Conservación	168,46	3,15
		A4-Agroforestal	353,21	6,60
		A4-Ganadería	249,07	4,66
		A5-Conservación	850,76	15,90
		A5-Agroforestal	247,95	4,63
		A5-Forestal	77,75	1,45
		A6-Conservación	150,79	2,82
		A6-Agroforestal	35,24	0,66
		B1-Conservación	7,95	0,15
		B1-Ganadería	2,92	0,05
		B2-Agroforestal	24,77	0,46
		B2-Conservación	269,83	5,04
		B2-Forestal	1,53	0,03
		CA-Conservación	18,02	0,34
		Clase B	A1-Ganadería	732,95
	A5-Agrícola		13,31	0,25
	A5-Ganadería		417,31	7,80
	A6-Ganadería		254,87	4,76
	B2-Ganadería		327,22	6,12
Urbano	Clase B	A1-Zonas urbanas	102,87	1,92
		A4-Zonas urbanas	70,31	1,31
		A5-Zonas urbanas	39,83	0,74
		A6-Zonas urbanas	96,9	1,81
		B2-Zonas urbanas	183,5	3,43
Total			5.350,49	100

Fuente: (Consultoría Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.4 Calidad Visual del Paisaje Urbano

La calidad visual se determina a partir de la calificación de los parámetros que conforman el paisaje urbano, en este caso se hizo una homologación del método indirecto del Bureau

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

of Land Management (Bureau of Land Management, 1980). El objetivo es analizar la presencia de valores estéticos en el medio, tales como, geoformas (o morfología urbana en el caso de la unidad de paisaje urbano), presencia de vegetación, cuerpos de agua, contraste de color, fondo escénico, rareza, actuación humana (infraestructuras, edificaciones patrimoniales etc.). La Tabla 5-21 describe los parámetros para la evaluación de la calidad visual del paisaje urbano.

Tabla 5-21. Homologacion para paisaje urbano del método indirecto (BLM, 1980)

CALIDAD VISUAL			
Componente	Criterios de valoración y puntuación		
Edificaciones (E)	Construcciones homogéneas, con materialidad, textura y escala similares y en buen estado. Construcciones o intervenciones puntuales que se adaptan al entorno	Construcciones homogéneas en sitios puntuales, buen estado de construcciones con conservación parcial de estructura, forma y materialidad. Deterioro moderado de algunas de ellas	Construcciones heterogéneas, con diferencia de escala, materialidad y composición entre ellas, deterioro notable en algunas de ellas
	5	3	1
Elementos históricos y culturales (HC)	Presencia de intervenciones o construcciones de carácter patrimonial o de conservación, destacados por su arquitectura y legado cultural en la zona. Reconocimiento por parte de la sociedad	Elementos culturales puntuales, pero no especialmente reconocido por sus habitantes. Mantenimiento moderado a bajo de dichos monumentos	Ausencia total de monumentos, o monumentos en estado de deterioro considerable
	5	3	1
Espacio público (EP)	Intervenciones arquitectónicas de espacio público notables, con formas y escalas que se adaptan a las zonas circundantes con reconocimiento por parte de los habitantes	Algunas intervenciones funcionales que no exaltan visualmente	Ausencia de intervenciones necesarias, espacio público deteriorado y con funcionalidad ajena a su objetivo
	5	3	1
Vías e infraestructura (V)	Vías en buen estado, con iluminación y señalización adecuada. Redes de servicio público funcionales	Vías con algún deterioro parcial moderado. Iluminación adecuada pero parcializada.	Vías deterioradas, infraestructura con falta de mantenimiento y sin funcionalidad
	5	3	1
Arborización y zonas verdes (ZV)	Alta presencia de arborización urbana en andenes, alamedas y espacio público en general, armonizado con su contexto. Mantenimiento constante.	Presencia moderada de zonas verdes y parques, generalmente con un mantenimiento moderado a bajo y arborización escasa en espacio público	Ausencia de espacios públicos de recreación, arborización ausente o escasa en estado de deterioro notable

CALIDAD VISUAL			
Componente	Criterios de valoración y puntuación		
	5	3	1
Agua (A)	Factor importante en el paisaje, limpia y clara, presente en el espacio público ya sea en movimiento o reposo.	Factor sin mucha importancia en el paisaje, con alguna presencia en el espacio público.	Ausente o inapreciable
	5	3	0
Color (C)	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	3	1
Fondo escénico (F)	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	3	0
Residuos (R)	Ausencia de residuos, existencia de sitios especializados para su disposición y manejo	Presencia parcial de residuos en zonas visibles de la ciudad, zonas de disposición habilitadas	Presencia notoria de residuos, sin espacios o mobiliario para su disposición. Grandes acopios de basura visibles y cerca de zonas residenciales
	5	1	0
Singularidad o Rareza (SR)	Único, poco corriente o muy raro en la región	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	6	2	1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

La Tabla 5-22 muestra los rangos de puntuación y las clases de calidad visual que pueden obtenerse.

Tabla 5-22. Escala de notación para clasificación de la calidad visual urbana

Clase	Descripción	Puntaje
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes	De 39 a 51
B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	De 17 a 39
C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	De 0 a 17

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

La Tabla 5-23 muestra los resultados de la evaluación de la calidad visual para las 9 unidades de paisaje urbano definidas en el área de influencia. Todas las unidades presentan una calidad visual clase B, a excepción de la unidad B3-Zonas urbanas, la cual presentó una

calidad clase C.

Tabla 5-23 Evaluación de la Calidad Visual de las Unidades de Paisaje Urbano

Unidad paisaje	Edificaciones	Elementos históricos y culturales	Espacio público	Vías e infraestructura	Arborización y zonas verdes	Agua	Color	Fondo Escénico	Residuos	Rareza	Total	Calidad Visual
A1-Zonas urbanas	1	1	3	1	3	3	3	3	3	2	23	Clase B
A2-Zonas urbanas	1	1	3	1	3	3	1	3	1	2	19	Clase B
A3-Zonas urbanas	1	1	3	3	3	3	3	3	1	2	23	Clase B
A4-Zonas urbanas	1	1	3	1	3	3	1	3	1	1	18	Clase B
A5-Zonas urbanas	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	22	Clase B
A6-Zonas urbanas	1	1	1	3	3	3	1	3	1	1	18	Clase B
B2-Zonas urbanas	1	1	3	1	3	3	1	3	1	1	18	Clase B
B3-Zonas urbanas	1	1	1	1	3	3	1	3	1	1	16	Clase C

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.5 Análisis de la Visibilidad

El análisis visual del paisaje tiene como objetivo determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, simultáneamente o en secuencia (Otero, 2009), que para el caso se define como el eje de la vía.

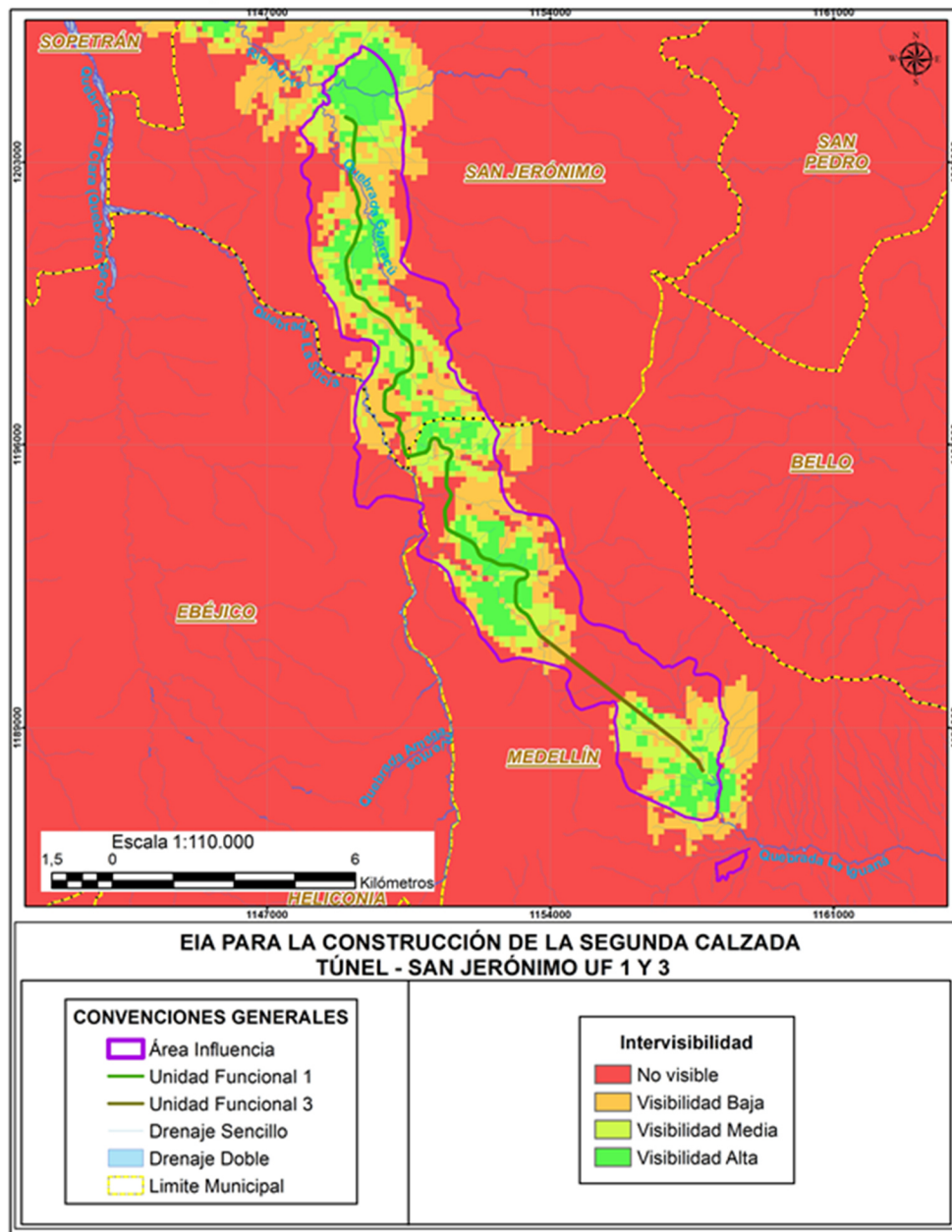
El análisis de visibilidad se realizó mediante el software Arc-gis 10.3.1, a través de la extensión Spatial Analyst y la orden Viewshed 2. Para tal fin, se usó el modelo digital del terreno (DTM), obtenido del satélite japonés Alos a través del sensor Palsar, además del conjunto de puntos desde los cuales se requiere realizar el cálculo de la visibilidad, que para el caso del proyecto fueron las intercepciones del trazado de la vía nueva con las vías secundarias y centros poblados.

El procedimiento que realiza la herramienta Viewshed, es referenciar cada píxel que forma la vía en el trazo dentro del shape y empezar a simular la observación desde los puntos de los observadores en todas las direcciones teniendo en cuenta la morfología del terreno, esto para determinar la visibilidad desde cada píxel. Este proceso se repite para todas las celdas que forman el eje vial, dando lugar al mapa representado en la Figura 5-65.



La visibilidad de la vía se categorizó en tres clases de acuerdo a la frecuencia de observación determinada por el software. Estas clases son visibilidad alta, media y baja. Observando la Figura 5-65 se puede evidenciar que las áreas con visibilidad alta son las que corresponden a centros urbanos o a vivienda rural nucleada, dispuesta sobre la vía como en

el caso del municipio de Medellín, en donde hay presencia de paraderos y viviendas a borde de carretera, perteneciente en su mayoría a los corregimientos de Palmitas y San Cristóbal. En el municipio de San Jerónimo se puede ver que la visibilidad alta está concentrada en las viviendas y centros recreativos que se encuentran al borde de la vía existente. La visibilidad va disminuyendo en relación a la distancia a estos centros poblados, y se puede evidenciar principalmente en el municipio de Sopetrán en donde al no haber centros poblados ni recreativos hay una visibilidad baja.

Figura 5-65 Visibilidad del área de influencia



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.3.6 Sitios de Interés Paisajístico

Los sitios de interés paisajístico se determinaron teniendo en cuenta la calidad visual y las encuestas realizadas a los habitantes de la región. Dentro de estos hay se encuentra el puente de occidente sobre el río Cauca entre los municipios de Sopetrán y Santafé de Antioquia y en conjunto la aglomeración de centros recreacionales en el municipio de San Jerónimo.

El puente de occidente (Fotografía 5-110) tiene relevancia a nivel paisajístico, ya que además de ser un elemento armónico con el paisaje natural, desde allí se puede apreciar gran parte del cauce del río Cauca y la desembocadura de los ríos Tonusco y Aurrá a éste; adicional a esto se tiene que el fondo escénico potencializa la calidad visual, debido a la presencia de montañas con diferentes gamas de verde en su vegetación (Fotografía 5-111).

Fotografía 5-110 Puente de Occidente sobre el río Cauca



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-111 Río Cauca



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.7 Percepción de la Comunidad Como referente de su Entorno Físico

Para la evaluación de la percepción de la comunidad respecto al paisaje se realizaron encuestas a personas residentes en el área.

Se entrevistó al señor Alejandro Vélez, quien habitaba en el corregimiento de Palmitas desde hace ya más de 10 años, quien hacía énfasis en la importancia de la conservación de las fuentes de agua, ya que él consideraba que esa era la base para el establecimiento del bosque y que esto era el elemento principal enriquecedor del paisaje.

Se entrevistó también al señor Carlos Giraldo quien comentaba que de por sí el paisaje antioqueño está muy arraigado a los sistemas montañosos y quebrados, pero que sin embargo, debido a la deforestación y la minería se ha perdido mucho de la calidad visual de las montañas.

Comentan también que el paisaje urbano del área de influencia esta beneficiado por la presencia de vegetación y de agua, sin embargo hay preocupación por el efecto del aumento demográfico en la zona rural, debido a que consideran que ha aumentado la deforestación y la presencia de basuras en la región.

5.1.4 Suelos y usos de la Tierra

Se realiza la caracterización del componente suelos teniendo como base el Análisis Fisiográfico, que consiste en la interpretación de imágenes de la superficie terrestre que se basa en la relación paisaje-suelo. Se asume, tal como lo hace el Manual de levantamientos

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

de suelos (USDA, 1951), que los suelos son perfiles tanto como paisajes.

El sistema de clasificación fisiográfica del terreno permite jerarquizar una zona de lo general a lo particular, en diferentes categorías. Al ser un método multicategorico de clasificación del terreno, involucra la mayoría de los elementos medioambientales comprometidos en la génesis de las geoformas y sirve de base para la realización de los diferentes niveles de levantamientos de suelos, así como la zonificación física de tierras y caracterización ecológica, ya que permite visualizar en forma clara la relación clima - paisaje - suelo – vegetación- uso de la tierra.

En la Clasificación Fisiográfica del Terreno, la unidad de paisaje constituye el elemento fundamental de análisis que permite ordenar la investigación física y biótica, gracias a que varios factores responsables de la morfogénesis, son los mismos que originaron la diferenciación de los perfiles edáficos y la distribución de la vegetación

Según Villota (1997), el suelo es un componente del paisaje fisiográfico pero sus características morfológicas, físicas, químicas, mineralogías resultan de la interacción de los restantes componentes de ese paisaje como son: relieve, material litológico y cobertura vegetal; todos actuando bajo un mismo clima, en un lapso de tiempo determinado.

El sistema tiene una estructura piramidal cuyo vértice lo constituyen las Estructuras geológicas a nivel continental, a saber:

- Cordilleras de plegamiento
- Escudos o cratones
- Geosinclinales o grandes cuencas de sedimentación.

A partir de las anteriores unidades, surgen cinco categorías o niveles de generalización fisiográfica; que de lo general a lo particular son:

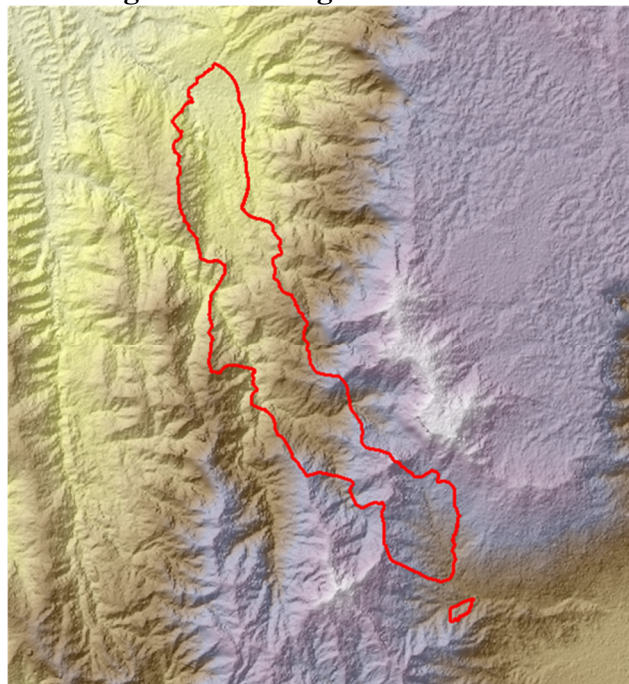
- Provincia fisiográfica.
- Unidad climática.
- Gran paisaje o Unidad Genética del relieve
- Paisaje
- Subpaisaje

La determinación de las unidades de paisaje se realiza mediante la interpretación fisiográfica del terreno del área de influencia a nivel de subpaisaje, con base en el sistema de Clasificación CIAF, 1997 (Villota H. , 1997)

Se realizó la interpretación digital en pantalla con Arcgis 10.1, haciendo uso de imágenes de radar en banda L denominado Palsar_Alos1, superior a la resolución de los modelos SRTM y Aster-GDEM 2, las cuales tienen cubrimiento sobre todo el territorio nacional (Figura 5-66). También se realizó interpretación con imágenes Rapideye y ortofotos.

Para el área de influencia, la caracterización taxonómica de las unidades de paisaje, tienen como fuente principal el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, publicado en el año 2007 y verificaciones de campo que permitieron la definición de unidades fisiográficas interpretadas y la comprensión de los patrones de distribución de los suelos.

Figura 5-66 Imagen Palsar Alos 1



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.1 Análisis Fisiográfico

Como resultado de la interpretación fisiográfica del área de influencia, se obtiene la Leyenda en la cual se identifican categorías que van de lo regional a lo local y se definen a continuación.

- **Provincia Fisiográfica**

Es la primera categoría del sistema equivalente a una región morfológica que permite al usuario ubicarse espacialmente dentro de la región. En esta categoría pueden prevalecer una o más unidades climáticas, estando constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial (VILLOTA, 1992)

Las relaciones de parentesco geológico se refieren a la litología y estructuras predominantes en los relieves iniciales, ligados a procesos endógenos (tecto-dinámicos) que los originaron.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Las relaciones topográficas se consideran a nivel de macro-relieve, o sea, a nivel regional, y las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición de la unidad en el contexto medioambiental

Por su ubicación espacial y procesos geomorfoestructurales que le han dado origen, el área de influencia comprende una provincia fisiográfica denominada Cordillera Central Vertiente Occidental, sobre la cual domina un relieve montañoso fluvio-gravitacional, aunque también están presentes los valles aluviales intramontanos de los ríos Cauca y Aurrá.

- **Unidad Climática**

La unidad climática es una división de la provincia fisiográfica caracterizada por una temperatura promedio anual y una condición de humedad lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en la evolución del relieve y de sus suelos, así como una cobertura vegetal y/o uso de la tierra específicos (Villota, 1992, 1995, 2005).

Para el área de influencia se identificaron cuatro unidades climáticas dentro de las cuales predomina el clima frío húmedo a muy húmedo con un 33% de extensión, está en altitudes entre 2000 y 2800 m, con temperaturas entre los 12 y 18 °C y precipitaciones entre 1000 y 4000 mm. En extensión le sigue el clima templado seco con una extensión de 30%, se ubica en altitudes entre 1000 y 2000 m, con temperaturas de 18 a 24°C y precipitaciones anuales de 500 a 1000 mm. Continúa el clima templado húmedo a muy húmedo que presenta una extensión del 24%, presente en altitudes entre 1000 y 2000 m, con precipitaciones entre 1000 y 4000 mm y temperaturas entre los 18 y 24°C. Por último, con una presencia de 7 % se encuentra el clima Cálido Seco, que corresponde a altitudes entre los 650 y 1000 m, con precipitaciones entre 1000 y 2000 mm y temperaturas mayores a los 24°C.

- **Gran Paisaje**

La unidad de Gran Paisaje corresponde al tercer nivel de la clasificación fisiográfica la cual debe estar asociada a una o varias unidades climáticas. Comprende complejos de paisaje con relaciones de afinidad de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico (Villota H. , Una nueva aproximación a la Clasificación Fisiografía del Terreno., 1997).

Para el área de estudio se identificaron dos grandes unidades genéticas de relieve o grandes paisajes de naturaleza contrastante. El primero es el Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional, en el que están presentes elevaciones que hacen parte de la cordillera central, cuya altura y morfología actuales no están en función del plegamiento de las rocas de la corteza, ni de actividad volcánica, sino exclusivamente de procesos exógenos degradacionales activados por la dinámica de las aguas y el viento con fuerte incidencia de la gravedad. Dentro de los materiales parentales de esta unidad genética se encuentran las rocas ígneas intrusivas, rocas metamórficas intrusivas, algunas rocas extrusivas muy

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

antiguas y rocas sedimentarias consolidadas.

También están presentes los Valles Aluviales de los ríos Cauca y Aurrá, los cuales obedecen a áreas influenciadas por aportes longitudinales de sedimentos acarreados por los ríos mencionados, pueden encontrarse dispuestos en un solo plano o en varios niveles de terraza, cuyos escarpes y taludes están dispuestos en paralelo al valle.

- **Paisaje**

El paisaje fisiográfico comprende porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica, que puede describirse en términos de unas mismas características mesoclimáticas, morfológicas, de material litológico y/o edad, dentro del cual se espera una alta homogeneidad (VILLOTA, 1992). Para el área de influencia se identificaron 9 paisajes asociados a las 2 unidades de gran paisaje anteriormente descritas.

Para el caso del relieve montañoso fluvio-gravitacional se encontraron diferentes tipos de crestas ramificadas en diversos materiales, dentro de los que predominan los granitos y los cuarzos, con presencia de cenizas volcánicas en algunas unidades de suelos, en esta también se encuentran glaciares y coluvios de remoción.

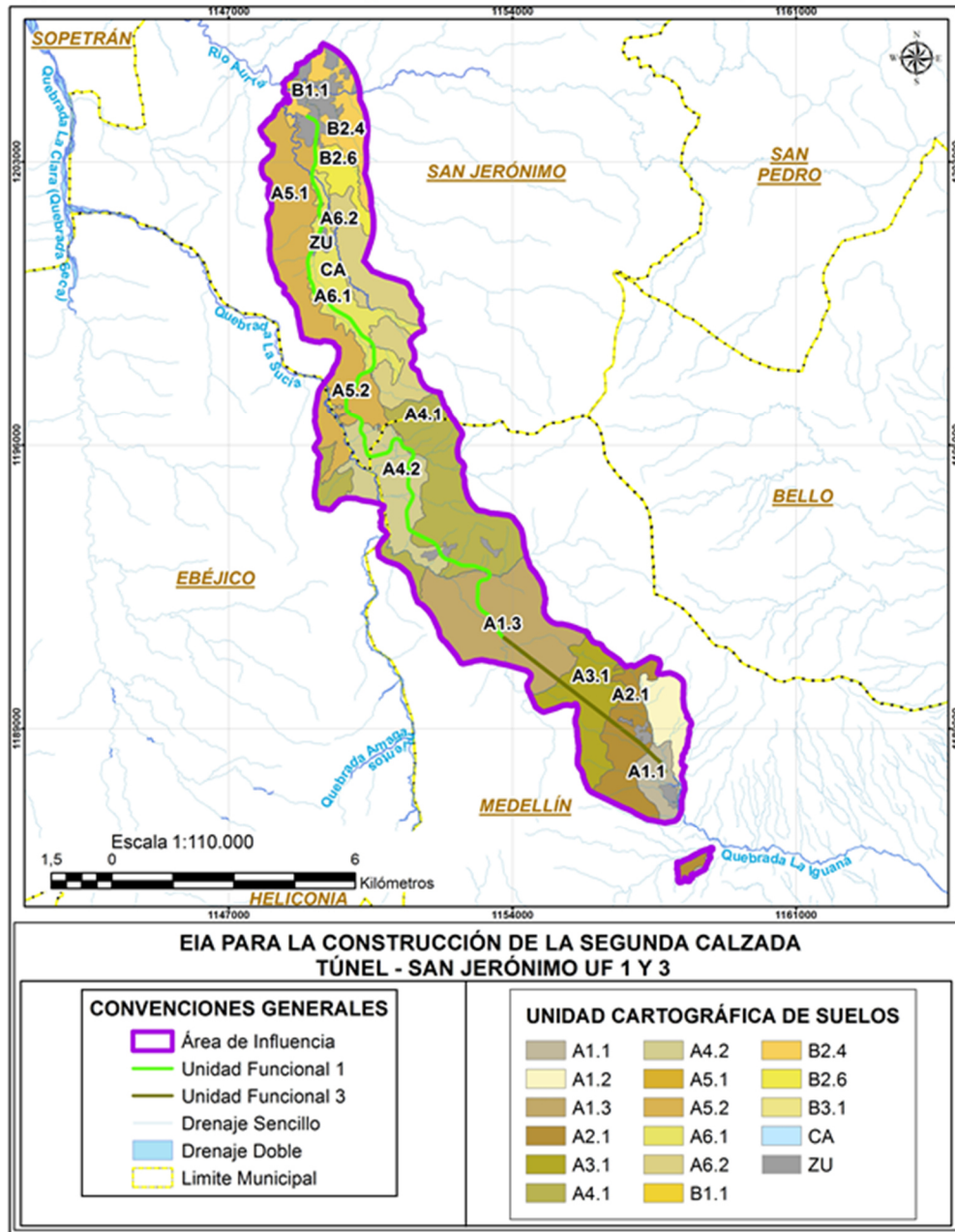
Dentro de los valles aluviales se encuentran colinas, abanicos de terrazas en sedimentos aluviales y valles con depósitos mixtos aluviales con aportes de sedimentos coluviales.

- **Sub-paisaje**

Constituye la última categoría de clasificación del sistema, configurada con propósitos prácticos relacionado con el uso y manejo de los suelos (VILLOTA, 1992).

En la Tabla 5-24 se presenta la leyenda de las unidades fisiográficas identificadas en el área de influencia. Así mismo, en la Figura 5-67 se presenta la distribución espacial de las unidades.

Figura 5-67 Distribución espacial de las unidades cartográficas de suelos





Fuente: Consultoría Colombiana 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-24 Leyenda Fisiográfica de Suelos

Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Unidad Cartográfica	Componente Taxonómico	%	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos y neis con capas de ceniza volcánica	Laderas fuertemente inclinadas con erosión ligera	Asociación	Typic Hapludands	35	A1.1	145,15	2,71%
				Typic Fulvudands	25			
				Hydric Fulvudands	20			
				Andic Dystrudepts	5			
				Typic Placudands	5			
				Typic Dystrudepts	5			
				Thaptic Hapludands	5			
		Laderas moderadamente empinadas con erosión moderada	Asociación	Typic Hapludands	35	A1.2	196,93	3,68%
				Typic Fulvudands	25			
				Hydric Fulvudands	20			
				Andic Dystrudepts	5			
				Typic Placudands	5			
				Typic Dystrudepts	5			
				Thaptic Hapludands	5			
		Laderas empinadas con erosión moderada	Asociación	Typic Hapludands	35	A1.3	1120,71	20,95%
				Typic Fulvudands	25			
				Hydric Fulvudands	20			
				Andic Dystrudepts	5			
				Typic Placudands	5			
				Typic Dystrudepts	5			
				Thaptic Hapludands	5			
	Crestas ramificadas	Laderas moderadamente	Asociación	Typic Eutrudepts	35	A4.1	819,49	15,32%
				Typic Dystrudepts	30			

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Unidad Cartográfica	Componente Taxonómico	%	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
	Templado Seco		en esquistos	empinadas con erosión moderada		Oxic Dystrudepts	20			
						Acrudoxic Kandiodults	5			
						Humic Eutrudepts	5			
						Humic Dystrudepts	5			
			Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	Laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas	Asociación	Typic Hapludands	50	A5.1	349,01	6,52%
						Humic Dystrudepts	20			
						Typic Dystrudepts	20			
						Hydric Hapludands	10			
				Laderas empinadas con erosión moderada	Asociación	Typic Hapludands	50	A5.2	1295,78	24,22%
						Humic Dystrudepts	20			
						Typic Dystrudepts	20			
						Hydric Hapludands	10			
			Glacis y coluvios de remoción	Superficie fuertemente inclinada ligeramente erosionada	Asociación	Typic Haplustepts	50	A6.2	453,39	8,47%
						Typic Haplustolls	40			
						Typic Dystrustepts	10			
	Cálido seco	Valle Aluvial Intramontano del río Aurrá.	Colinas	Colinas moderadamente empinadas severamente erosionadas	Asociación	Typic Haplustepts	40	B1.1	10,87	0,20%
						Lithic Ustorthents	20			
						Typic Ustorthents	20			
						Oxic Haplustepts	10			
						Lithic Haplustepts	10			
				Superficie ligeramente inclinada con pedregosidad	Asociación	Typic Haplustepts	40	B2.4	267,06	4,99%
						Lithic Ustorthents	20			
						Typic Ustorthents	20			

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Unidad Cartográfica	Componente Taxonómico	%	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
				superficial		Oxic Haplustepts	10			
						Lithic Haplustepts	10			
				Superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada	Asociación	Typic Haplustepts	40	B2.6	458,97	8,58%
						Lithic Ustorthents	20			
						Typic Ustorthents	20			
						Oxic Haplustepts	10			
						Lithic Haplustepts	10			
Cuerpo de agua								CA	18,02	0,34%
Zona urbana								ZU	215,11	4,02%
Total									5.350,49	100

Fuente: Consultoría Colombiana 2016

5.1.4.2 Suelos del Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional

A continuación se presentan las diferentes unidades de suelos con su respectiva descripción identificadas en el área de influencia ubicadas dentro del relieve montañoso fluvio-gravitacional.

5.1.4.2.1 Asociación A1 (Tequendamita)

Se localiza en los municipios de Medellín y San Jerónimo. Son suelos desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas ubicados en las crestas ramificadas en esquistos y neis. El relieve es empinado a fuertemente inclinado con pendientes entre 7 y 75%. Presentan erosión ligera a moderada. Son suelos con texturas medias, profundos y moderadamente profundos, pueden ser limitados por gravillas, piedras y óxidos de hierro (Figura 5-68).

Figura 5-68 Suelos típicos de la Asociación A1



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Está conformada por los suelos Typic Hapludands 35%, Typic Fulvudands 25%, Hydric Fulvudands 20%. También presenta inclusiones de Andic Dystrudepts, Typic Placudands, Typic Dystrudepts y Thaptic Hapludands en igual proporción del 5% (IGAC, 2007).

Las unidades cartográficas de suelos presentes dentro del área de influencia están asociadas a unidades de subpaisaje como lo son Laderas fuertemente inclinadas con erosión ligera, Laderas moderadamente empinadas con erosión moderada y Laderas empinadas con erosión moderada. Estas geoformas presentan contenidos pedológicos descritos a continuación:

5.1.4.2.1.1 Typic Hapludands

Estos suelos se encuentran ubicados en las vertientes, en relieve fuertemente ondulado a ligeramente escarpado, en pendientes entre 12 y 25%. Han sido desarrollados a partir de

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

cenizas volcánicas, son bien drenados, de profundos a moderadamente profundos, limitados por fitotoxicidad por aluminio. Ocasionalmente presentan capa orgánica en la superficie (IGAC, 2007).

5.1.4.2.1.2 Typic Fulvudands

Se encuentran en las partes altas e intermedias de las vertientes, principalmente entre pendientes del 25 a 50%. Son suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, profundos, bien drenados (IGAC, 2007).

5.1.4.2.1.3 Hydric Fulvudands

Se ubican en toda la extensión de las vertientes, en relieves fuertemente ondulados a ligeramente escarpados, con pendientes entre 12 y 50%. Desarrollados a partir de cenizas volcánicas, son bien drenados, profundos a moderadamente profundos, limitados por fitotoxicidad por aluminio (IGAC, 2007).

5.1.4.2.1.4 Typic Placudands

Se ubican en las áreas de menor pendiente dentro de las vertientes y crestas en pendientes entre 12 y 25%. Son desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas, son profundos a moderadamente profundos, limitados por una capa endurecida de acumulación de hierro y gravillas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.2 Asociación A2 (Yarumal)

Se ubican en la cordillera central bordeando el batolito antioqueño, entre 1000 y 2200 m de altitud. Dentro del área de influencia están presentes en las crestas ramificadas dentro del subpaisaje de laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas. Son suelos formados a partir de rocas ígneas, cuarzodioritas y granitos con depósitos de cenizas volcánicas. Presentan texturas medias y finas, bien drenados, profundos, limitados por rocas o gravillas en el perfil (IGAC, 2007).

Está conformada por los suelos Typic Hapludands en un 35%, Humic Dystrudepts en un 25%, typic Dystrudepts (25%), e inclusiones de Hidric Hapludands (5%), Oxicic Dystrudepts (5%) y Typic Kandudults (5%) (IGAC, 2007).

De esta asociación está presente una sola unidad cartográfica de suelo dentro del área de influencia con la composición pedológica descrita a continuación:

5.1.4.2.2.1 Humic Dystrudepts

Estos suelos se encuentran ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas, donde predominan los relieves moderadamente escarpados de pendientes entre 50 y 75%. Son

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

suelos profundos desarrollados a partir de cuarzodioritas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.2.2 Typic Distrudepts

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzodioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.3 Asociación A3 (Zulaibar)

Son suelos ubicados en las crestas ramificadas en granitos y cuarzodioritas. Dentro del área de influencia se ubica en el municipio de Medellín. Son suelos desarrollados a partir de rocas ígneas, profundos, bien drenados, con texturas finas a moderadamente gruesas.

Está conformada por los suelos principales Andic Dystrudepts (35%), Typic Dystrudepts (30%), Humic Dystrudepts (20%) y las inclusiones Typic Hapludands, Typic Placudands y Oxic Dystrudepts con 5% cada uno.

De esta asociación está presente una sola unidad cartográfica de suelo dentro del área de influencia con la composición pedológica descrita a continuación:

5.1.4.2.3.1 Typic Hapludands

Estos suelos se encuentran ubicados en las vertientes, en relieve fuertemente ondulado a ligeramente escarpado, en pendientes entre 12 y 25%. Han sido desarrollados a partir de cenizas volcánicas, son bien drenados, de profundos a moderadamente profundos, limitados por fitotoxicidad por aluminio. Ocasionalmente presentan capa orgánica en la superficie (IGAC, 2007).

5.1.4.2.3.2 Typic Distrudepts

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzodioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.3.3 Andic Dystrudepts

Son suelos ubicados en las cimas y laderas de menor pendiente. Han sido desarrollados a partir de cenizas volcánicas y de materiales ígneos, principalmente cuarzodioritas, son suelos profundos y bien drenados, con texturas medias o moderadamente finas.

5.1.4.2.4 Asociación A4 (Ituango)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Son suelos que se encuentran bordeando el batolito antioqueño. Dentro del área de influencia están presentes en el municipio de Sopetrán. Geomorfológicamente se ubica en las crestas ramificadas en esquistos, asociados a pequeños coluvios y afloramientos rocosos. Son suelos desarrollados a partir de roas metamórficas con texturas finas a medias, bien drenados y profundos (IGAC, 2007).

Esta asociación la forman suelos Typic Eutrudepts (35%), Typic Dystrudepts (30%), Oxic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Acrudoxic Kandudults (5%), Humic Eutrudepts (5%) y Humic Dystrudepts (5%) (IGAC, 2007).

Dentro del área de influencia están presentes en las laderas moderadamente empinadas con erosión moderada y laderas empinadas con erosión moderada con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.2.4.1 Typic Distrudepts

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzdioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.4.2 Typic Eutrudepts

Se encuentran ubicados en las pendientes entre 50 y 75%. Son derivados de esquistos con intercalaciones de neiss o anfibolitas y materiales calcáreos, son bien drenados y profundos. Presentan texturas francas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.4.3 Humic Eutrudepts

Están presentes en las áreas más secas de la asociación, en relieves moderadamente escarpados con pendientes entre 50 y 75%. Son derivados de diferentes clases de esquistos con intercalaciones de neiss o anfibolitas y materiales calcáreos, bien drenados, profundos, limitados por la presencia de gravillas y piedras en el perfil (IGAC, 2007).

5.1.4.2.5 Asociación A5 (Peñitas)

Son suelos localizados en los municipios Ebéjico y Sopetrán. Corresponden a zonas de vida de bosque húmedo premontano. Está presente en las crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de cenizas volcánicas. Se ubican en los relieves fuertemente ondulados a moderadamente escarpados, entre pendientes del 12 y 75%. Presenta erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetas. Son desarrollados a partir de rocas metamórficas con recubrimientos discontinuos de cenizas volcánicas, con buen drenaje, profundos y de fertilidad baja a moderada.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La asociación está compuesta por suelos Typic Hapludands (50%); Humic Dystrudepts (20%), Typic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Hydric Hapludands (10%).

Dentro del área de influencia están presentes en las laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas y laderas empinadas con erosión moderada con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.2.5.1 Humic Dystrudepts

Estos suelos se encuentran ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas, donde predominan los relieves moderadamente escarpados de pendientes entre 50 y 75%. Son suelos profundos desarrollados a partir de cuarzdioritas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.5.2 Typic Distrudepts

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzdioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.5.3 Typic Hapludands

Se ubican en las laderas más elevadas donde el relieve es menos pendiente. Son derivados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas, principalmente esquistos, profundos, bien drenados y de texturas medias (IGAC, 2007).

5.1.4.2.6 Asociación A6 (Tuntuna)

Esta asociación está ubicada dentro del área de influencia, en el municipio de San Jerónimo. Corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical. Está presente en los glaciares y coluvios de remoción, en relieve ligero a fuertemente inclinado y ligeramente escarpado con pendientes entre 3 y 50%. Presenta erosión laminar ligera y moderada. Algunos sectores están afectados por pedregosidad superficial en un 20%. Se han desarrollado a partir de depósitos aluviales y coluviales mixtos, son bien drenados, con texturas medias y finas, con profundidad moderada a profunda..

La asociación Tuntuná se compone de suelos Typic Haplustepts 50%, Typic Haplustolls 40% y como inclusión Typic Dystrudepts 10%.

Dentro del área de influencia están presentes en las superficies moderadamente inclinadas ligeramente erosionadas y superficies fuertemente inclinadas ligeramente erosionadas con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.2.6.1 Typic Distrudepts

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzodioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, con fertilidad baja y reacción fuerte ácida, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.6.2 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy finas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.6.3 Typic Haplustolls

Se ubican en el piedemonte, se han derivado de coluviones mixtos en el relieve ligero a fuertemente inclinado, con pendientes entre 3 y 60%, son profundos, bien drenados, con texturas moderadamente finas y finas (IGAC, 2007).

5.1.4.3 Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá

5.1.4.3.1 Asociación B1 (Santafé)

Está ubicada en los municipios de Sopetrán, San Jerónimo y Santafé de Antioquia. Corresponden a la forma de vida de bosque seco tropical. Están ubicados en las colinas fuertemente disectadas en relieve fuertemente ondulado a moderadamente escarpado. Presenta erosión laminar en surcos moderada a severa. Algunos sectores presentan afección por pedregosidad superficial. Se han desarrollado a partir de rocas sedimentarias y metamórficas, son bien drenados con texturas medias a finas y limitados por fragmentos de roca (Figura 5-69) (IGAC, 2007).

Figura 5-69 Suelos típicos de la Asociación B1



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

La asociación Santafé está formada por los suelos Typic Haplustepts (40%), Lithic Ustorthents (20%), Typic Ustorthents (20%), e inclusiones de Oxic Haplustepts (10%) y Lithic Haplustepts (10%) (IGAC, 2007).

Dentro del área de influencia están presentes en las colinas moderadamente empinadas severamente erosionadas, colinas moderadamente empinadas muy severamente erosionadas y colinas empinadas severamente erosionadas con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.1.1 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.3.1.2 Lithic Ustorthents

Están ubicados en las colinas con pendientes entre 7 y 12%. Son derivados de rocas metamórficas. Son suelos superficiales limitados por rocas, bien drenados y de texturas medias, algunos sectores presentan pedregosidad en superficie y otros están afectados por erosión laminar severa (IGAC, 2007).

5.1.4.3.2 Asociación B2 (Sopetrán)

Está ubicada en los municipios de Sopetrán, Santafé de Antioquia y San Jerónimo. Corresponde a la forma de vida de bosque seco tropical. Corresponde a las geoformas asociadas al paisaje de abanicos de terraza en sedimentos aluviales, en relieves plano a fuertemente quebrado, con pendientes entre 1 y 25%. Presentan erosión laminar ligera y severa en algunos sectores (IGAC, 2007).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La asociación Sopetrán está compuesta por los suelos Typic Haplustepts en un 50%, Typic Ustifluvents 20%, Typic Haplustalfs 20% e inclusiones de Typic Haplusterts, 10% (IGAC, 2007)

Dentro del área de influencia están presentes en la Superficie ligeramente inclinada Superficie ligeramente inclinada, ligeramente erosionada, Superficie ligeramente inclinada moderadamente erosionada, Superficie ligeramente inclinada con pedregosidad superficial Superficie moderadamente inclinada, Superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.2.1 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.3.2.2 Typic Haplustalfs

Se localiza en terrazas antiguas fuertemente disectadas, en relieve ligeramente empinado. Son suelos derivados de depósitos aluviales, moderadamente profundos, bien drenados y con texturas moderadamente finas (IGAC, 2007)..

5.1.4.3.2.3 Typic Haplusterts

Se localiza en el relieve moderadamente inclinado con pendientes del 12%. Son derivados de sedimentos finos, profundos, bien drenados y texturas finas (IGAC, 2007).

5.1.4.3.3 Asociación B3 (Olaya)

Esta unidad se localiza en los municipios de Sopetrán y Santafé de Antioquia. Corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical. Se ubica en el relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes entre 1 y 7%. Son afectados por pedregosidad superficial muy localizada (IGAC, 2007).

La asociación Olaya se compone de los suelos Typic Ustorthents (45%), Typic Haplustepts (45%) y misceláneo de playas en un 10% (IGAC, 2007).

Figura 5-70 Suelos típicos de la asociación B3



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Dentro del área de influencia están presentes en el Plano de inundación de los ríos Cauca y Aurrá con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.3.1 Typic Haplustepts



Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.4 Capacidad de Uso del Suelo

La clasificación del suelo por capacidad de uso se definió para el área de influencia a partir del Estudio General de suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, publicado en el año 2007 (IGAC, 2007).

La Clasificación de Capacidad de Uso del suelo permite agrupar suelos que presentan el mismo nivel o grado relativo de limitación y/o riesgo de degradación. Para Colombia se ha realizado la clasificación de la capacidad de uso de la Tierra a través del Método de Clasificación de Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, conocido comúnmente como Clasificación Agrologica, el cual se ha estructurado para clases de usos y sistemas de manejo propios del país (IGAC y CORPOICA, 2002). La estructura del Sistema de Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso se compone de ocho categorías, que principalmente agrupan las tierras según sus características en:

- Grupo de tierras arables con capacidad para cualquier tipo de cultivo, con pocas prácticas de conservación de suelo (**Clase Agrologica 1 y 2**).
- Grupo de tierras arables con restricciones en la selección de cultivos, con prácticas intensivas de conservación de suelos (**Clases Agrologicas 3 y 4**).

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

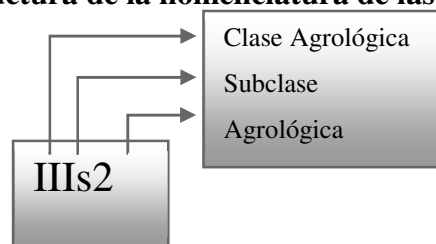
- Grupo de tierras para ganadería con praderas mejoradas, cultivos permanentes y/o reforestación (**Clase Agrologica 6**).
- Grupo de tierras forestales con posibilidad de uso sostenible del bosque (**Clase Agrologica 7**)
- Grupo de tierras destinadas a la conservación y la protección de la naturaleza. Generalmente constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua y de alto grado de vulnerabilidad (**Clase Agrologica 8**).

Dentro de las categorías de clasificación de Clases Agrologicas, los suelos se clasifican de acuerdo a factores limitantes generales o específicos, generando Subclases Agrologicas que poseen los mismos factores y grado de limitación. A continuación se presentan las definiciones de dichas limitantes y el orden en que deben aparecer en el símbolo cartográfico en el caso de presentarse más de un limitante.

- **Subclase de limitación por pendiente (p):** se refiere al grado de inclinación de la pendiente expresada en porcentaje.
- **Subclase por limitación de erosión (e):** esta subclase la conforman los suelos que se encuentran afectados por pérdida acelerada del suelo, causada por prácticas de manejo inadecuadas o por fenómenos de remoción o movimientos en masa.
- **Subclase por limitación de humedad (h):** está formada por los suelos sobresaturados con agua, bien sea por exceso de precipitaciones, inundaciones generadas por el desbordamiento de las corrientes de agua, encharcamiento debido al escurrimiento de aguas superficiales.
- **Subclase por limitación de suelo (s):** se clasifica de acuerdo a las limitaciones físicas y químicas, que dificultan e impiden el libre desarrollo de las raíces de las plantas y las prácticas de labranza del suelo.

En la Figura 5-71 se presenta la estructura de la nomenclatura de las Clases Agrologicas identificadas en el área de influencia.

Figura 5-71 Estructura de la nomenclatura de las Clases Agrologicas



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En la Tabla 5-25 se presentan las clases y subclases agrologicas identificadas dentro del área de estudio, así como su distribución en cuanto a cubrimiento de área y porcentaje de la misma.

En esta se aprecia que predomina la clase 7 con un porcentaje de cobertura de 45 %, seguido de las clases 6 y 4, las cuales presentan valores de 26 y 25 %, respectivamente.

Tabla 5-25 clases y sub-clases agrológicas en el área de influencia

Clase	Subclase	Área(Ha)	Área (%)
Clase agrológica 4	4c-1	458,97	8,58
	4P-10	145,15	2,71
	4pc-1	453,39	8,47
	4sc-1	267,06	4,99
Clase agrológica 6	6p-7	349,01	6,52
	6pe-10	196,93	3,68
	6pe-7	819,49	15,32
Clase agrológica 7	7e -1	10,87	0,20
	7p-10	1.120,71	20,95
	7p-7	1.295,78	24,22
CA		18,02	0,34
ZU		215,11	4,02
Total		5.350,49	100

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)



En síntesis, el área de influencia presenta una alta aptitud para la conservación, bajo sistemas forestales de protección o de protección-producción, aunque se precisa de la implementación de prácticas que permitan aprovechar de manera sostenible ambientalmente el suelo. En general los suelos del área de influencia presentan fertilidad baja, con altas saturaciones de aluminio, y dentro de sus características físicas cabe resaltar la pedregosidad y las altas pendientes.

5.1.4.4.1 Vocación de uso del suelo

Las categorías de vocación de uso o uso potencial, corresponden a la principal capacidad de uso establecida para cada una de las clases agrológicas, teniendo en cuenta sus limitantes y características de sostenibilidad. Cada una de las vocaciones de uso se homologaron a las categorías establecidas por la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia (IGAC y CORPOICA, 2002).

Los Grupos de Manejo, son agrupados en un sistema jerárquico de dos niveles que relaciona la vocación actual de uso de las tierras y el uso principal recomendado.

La vocación actual de uso de las tierras, constituye la clase mayor de uso que una unidad de tierra está en capacidad natural de soportar con características de sostenibilidad, evaluadas sobre una base biofísica, sin tener en cuenta circunstancias económicas actuales, propias de cada clase de manejo.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En el área de influencia se identificaron seis vocaciones de uso del suelo, presentadas en la Tabla 5-26:

Tabla 5-26 Vocación de Uso del Suelo en el Área de influencia

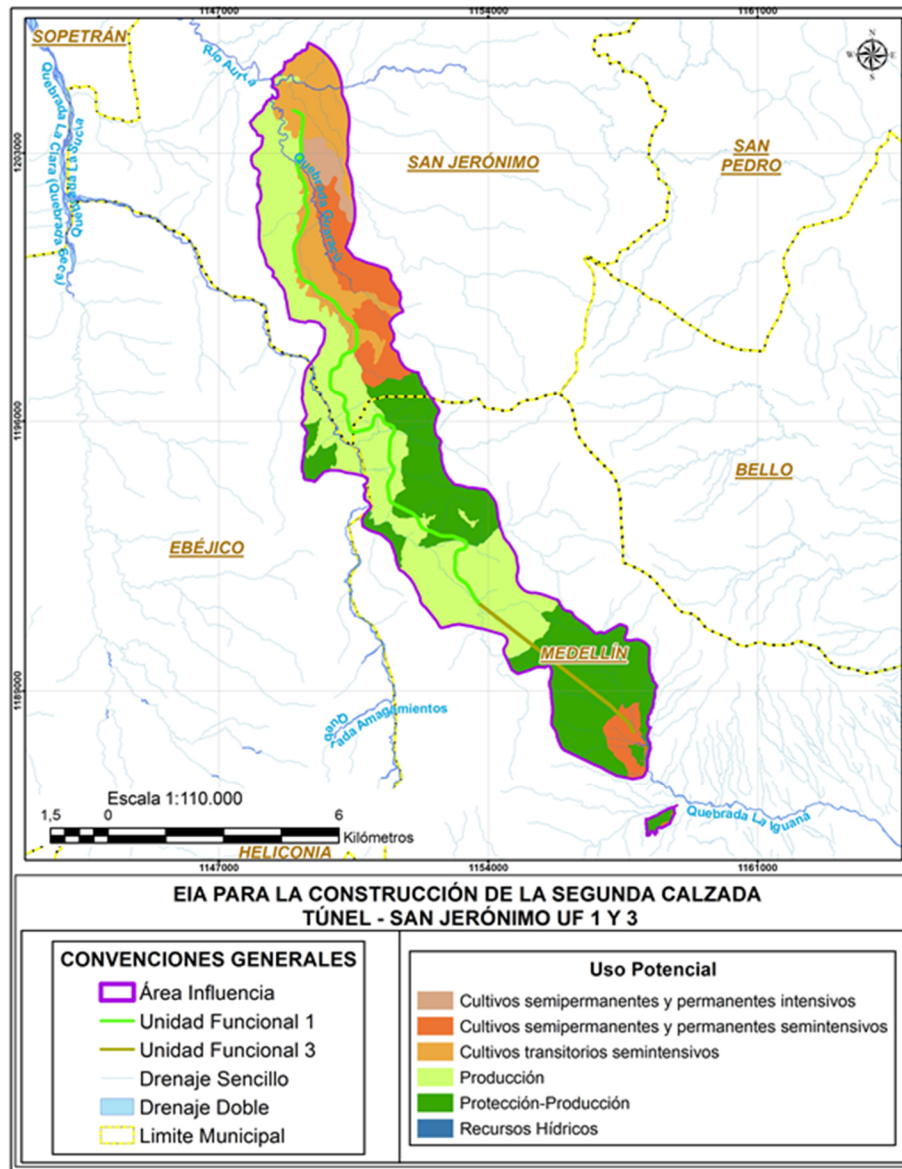
Vocación de uso	Tipo de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Conservación	Recursos Hídricos	CRH	18,02	0,34
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	122,72	2,29
	Cultivos semipermanentes y permanentes semintensivos	CSS	598,54	11,19
	Cultivos transitorios semintensivos	CTS	768,23	14,36
Forestal	Protección-producción	FPP	1.760,08	32,90
	Producción	FPR	2.082,89	38,93
Total			5.350,49	100

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Como se puede observar, en el área de influencia predomina la vocación para la producción forestal, ocupando el 39% del área. Esta se ubica en la mayoría de unidades cartográficas de suelos presentes en el área de influencia. A esta le sigue el uso forestal de producción-protección con un valor del 33 %.

En cuanto a los usos agrícolas, representan en conjunto el 28 %, mientras que el porcentaje restante corresponde a la conservación de los recursos hídricos. En la Figura 5-72 se puede apreciar la distribución espacial de estos.



Figura 5-72 Vocación de uso del suelo



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.5 Uso Actual del Suelo

El Uso actual del Suelos se define como aquel uso que se le atribuye a la cobertura del suelo ya sea en actividades productivas con un beneficio económico o aquellas que no lo generan, éstas últimas asociadas a las tierras con usos de conservación y/o protección. Adicionalmente, es el resultado de la interacción de aspectos como el tiempo y el espacio resumidos en lo que conocemos como evolución humana, la cual define si el uso se mantiene o cambia en función de las necesidades económicas, sociales y/o culturales de la población.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

El Uso Actual del Suelo se determina a partir del mapa de las Coberturas de la Tierra realizado por el consultor a escala 1:25:000, mediante la agrupación de coberturas con similares funcionalidades, permitiendo la identificación de áreas que presentan los mismos patrones de explotación y uso de los recursos naturales asociados al suelo; en términos de las categorías del Uso del Suelo, establecidas por el IGAC y CORPOICA, 2002.

Adicionalmente, para la determinación de uso actual se tuvo en cuenta el uso reglamentado del suelo a través de la consulta de los instrumentos de ordenamiento territorial (EOT's, PBOT's y POT's) identificados en el área de influencia, específicamente las categorías de agropecuario, protección, reserva, suburbano, entre otros, áreas a las cuales se les respetó el uso especificado por los instrumentos de ordenamiento, descripción que se desarrolla en el aparte de Uso Reglamentado.

Como resultado se obtuvo el uso actual del suelo en cinco categorías, teniendo en cuenta las áreas protegidas a las cuales se les conservó el uso definido por norma. En la Tabla 5-27 se presenta el uso actual, el tipo de uso, símbolo, áreas y porcentaje de cubrimiento

Tabla 5-27 Uso Actual del Suelo en el Área de influencia

Uso Actual	Tipo de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes semiintensivos	CSS	16,33	0,31%
	Cultivos transitorios semiintensivos	CTS	2,47	0,05%
Agroforestal	Agrosilvopastoril	SAP	813,17	15,20%
	Silvopastoril	SPA	40,59	0,76%
Conservación	Forestal protectora	CFP	1430,54	26,74%
	Recuperación	CRE	1,05	0,02%
	Recursos hídricos	CRH	18,02	0,34%
Forestal	Forestal protectora	CFP	438,51	8,20%
	Producción	FPR	25,27	0,47%
	Protección producción	FPP	92,15	1,72%
Ganadería	Pastoreo extensivo	PEX	625,27	11,69%
	Pastoreo intensivo y semiintensivo	PSI	1359,07	25,40%
Zonas Urbanas	Zonas Urbanas	ZU	488,04	9,12%
Total general			5350,49	100,00%

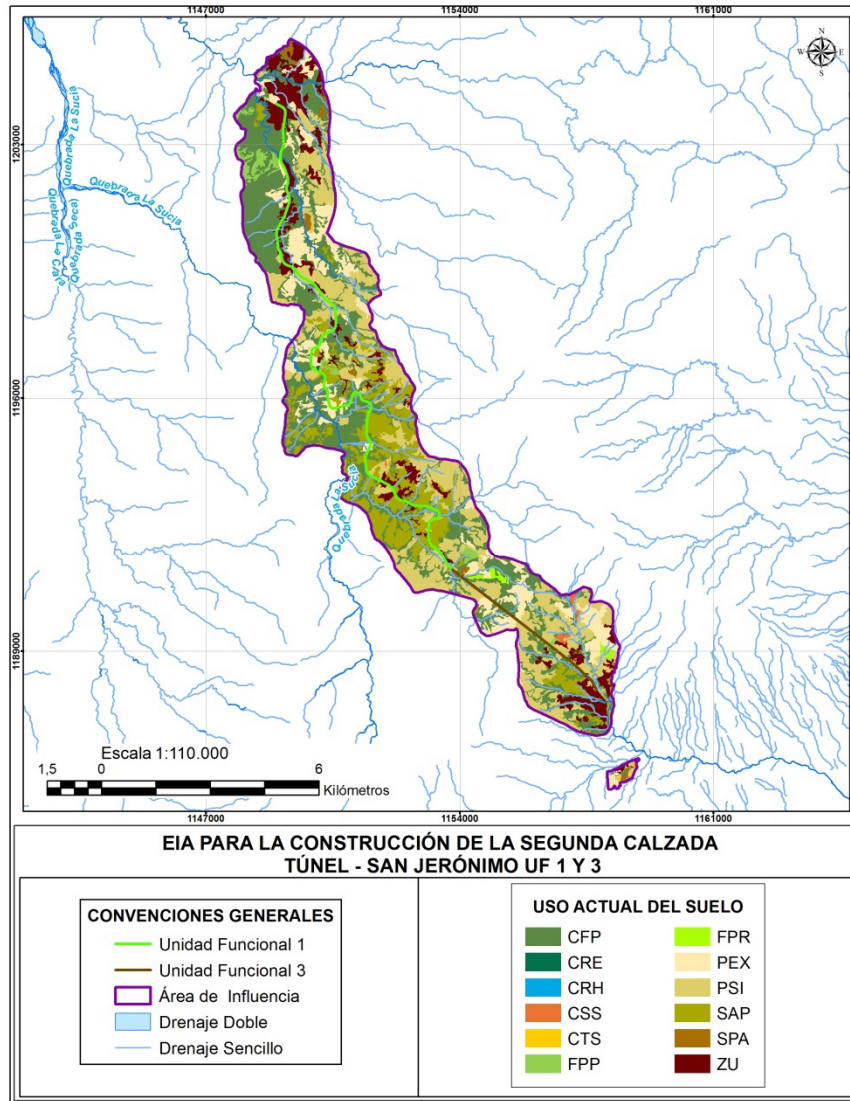
Fuente: (Consultoría Colombiana S. A, 2016)

En el área de influencia predominan los usos ganaderos con un 37 %, que corresponde a coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios. En extensión con un 27% del área le siguen los usos de conservación forestal, que estas asociados a bosques de galería y herbazales, también se presentan coberturas de cuerpos de agua y zonas con remoción en masa.

En importancia le siguen los usos agroforestales con un 16% de participación asociados a coberturas que comprenden mosaicos de cultivos y pastos con espacios naturales. En extensión les siguen los usos forestales que comprenden las coberturas de vegetación secundaria alta y baja, arbustales, bosques fragmentados y plantaciones forestales. Por último están los suelos con usos agrícolas con un 0,35% de participación comprendido por cultivos permanentes y transitorios.

Las zonas urbanas comprenden un 9,12% en donde se agrupan coberturas como construcciones, tejido urbano, entre otros. En la Figura 5-73 se presenta la distribución espacial de los usos.

Figura 5-73 Uso actual del suelo



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.4.6 Uso Reglamentado del Suelo



Para las unidades funcionales 1 y 3 se tuvieron en cuenta los elementos de ordenamiento territorial de los municipios de Medellín y San Jerónimo, identificando los diferentes usos del suelo establecidos por dichos instrumentos de ordenamiento dentro del área de influencia. En la Tabla 5-28 se muestra la información relacionada con los usos del suelo presentados en los instrumentos de ordenamiento territorial de los municipios anteriormente mencionados.

Para el municipio de Medellín (Tabla 5-28). Se identificaron usos que corresponden a forestal-protector y productor, agroforestal, agropecuario, agrícola, áreas mineras en transición y mixto-rural. Entro de los usos prohibidos descritos en el plan de ordenamiento territorial (acuerdo No. 48) no se hace referencia a que alguna de las actividades del proyecto Vía al Mar 1 sea incompatible con lo estipulado en el citado POT.

Para el municipio de San Jerónimo se tomó como referencia el esquema de ordenamiento territorial, con el cual se identificaron los usos que corresponden a reserva, rural a urbano, agropecuario, suburbano, de protección, agrícola y mixto (agropecuario). En la caracterización de usos prohibidos no se hace referencia específica a que alguna de las actividades del proyecto Vía al Mar 1 pueda ir en contra de lo estipulado en el citado esquema de ordenamiento territorial. Sin embargo, en las áreas de reserva natural y protección se pueden presentar incompatibilidades de uso debido a que dentro de los usos prohibidos se contempla que:

“Cualquier actividad diferente a la conservación, protección y perpetuación de los recursos naturales o que vaya en contra del uso principal.”

Por ello se deben tomar las medidas de precaución y tener en cuenta para no afectar de manera significativa dichas áreas, ya que si bien ya se encuentran intervenidas por la vía existente con manejo adecuado se puede mitigar su impacto sobre estas áreas de conservación y protección natural.

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

Fotografía 5-112 Diferentes usos en el municipio de Medellín



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Tabla 5-28 Uso reglamentado del suelo en el área de influencia del tramo Túnel-Santa Fe

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
Medellín	Forestal Protector	1. Mantenimiento y establecimiento de bosques protectores. 2. Estudios e investigaciones forestales, biológicas y/o ecológicas.	1. Aprovechamiento de productos secundarios del bosque. 2. Turismo de naturaleza y/o ecológico. 3. Propagación de plantas. 4. Extracción selectiva de madera de especies foráneas. 5. Se permite la movilidad aérea.	1. Instalación de redes de líneas vitales. 2. Vivienda. 3. Instalación de infraestructura de equipos de telecomunicaciones o para la seguridad y defensa. 4. Las ciclorrutas y equinorrutas. 5. Cultivos permanentes. 6. Reforestación con árboles nativos. 7. Minería.	1. Actividades recreativas de mediano y alto impacto. 2. Establecimiento de plantaciones de coníferas. 3. Agricultura. 4. Cría de especies menores. 5. Jardines cementerio. 6. Floricultura.	X			Acuerdo No 48	17 de diciembre de 2014	Decretos 879 de 1998 y 4002 de 2004	

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
	Forestal Productor	1. Plantaciones forestales. 2. Mantenimiento adecuado de vías forestales. 3. Investigación y educación ambiental. 4. Cultivos dendroenergéticos. 5. Extracción de productos forestales maderables y no maderables.	1. Vivienda asociada al manejo de cultivos agroforestales o permanentes. 2. Actividades asociadas al turismo ecológico y ecoparques. 3. Cultivos permanentes como frutales, café, y caña. 4. Propagación de plantas. 5. Se permitirá la movilidad aérea.	1. Construcción de infraestructura para aprovechamiento de productos maderables y no maderables. 2. Actividades agroindustriales relacionadas con la producción forestal. 3. Turismo de naturaleza y/o ecológico. 4. Minería.	1. Actividades agropecuarias intensiva. 2. Otras actividades agropecuarias. 3. Las actividades recreativas de mediano y alto impacto. 4. Jardines cementerio. 5. Floricultura							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
	Agroforestal	1. Actividades agroforestales, silvopastoriles, agrosilvopastoriles. 2. Investigación y educación ambiental. 3. Ganadería estabulada y semiestabulada de baja intensidad. 4. Cultivos forestales y dendroenergéticos.	1. Vivienda o edificaciones asociadas al manejo del área. 2. Uso forestal protector. 3. Actividades asociadas al turismo de naturaleza y ecoparques.	1. Construcción de infraestructura para el aprovechamiento y transporte de productos maderables y no maderables. 2. Actividades agroindustriales. 3. Procesamiento y conservación de productos pecuarios. 4. Procesamiento y conservación de productos pecuarios. 5. Cría de aves y ganado bovino o porcino. 6. Actividades piscícolas. 7. Minería 8. Procesamiento de productos agrícolas.	1. Actividades agropecuarias intensivas. 2. Las actividades recreativas de mediano y alto impacto. 3. Jardines cementerios.							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
	Agropecuario	1. Actividades agrícolas y pecuarias. 2. Estudios e Investigaciones para la producción y la conservación de los ecosistemas. 3. Cultivos agrícolas transitorios. 4. Cría de especies menores. 5. Actividades piscícolas.	1. Vivienda y construcciones asociadas al manejo de la producción. 2. Actividades asociadas al turismo agroecológico. 3. Construcción de sistemas de riego. 4. Prácticas agroforestales, silvopastoriles o agrosilvopastoriles. 5. Cultivos dendroenergéticos y forestales. 6. Extracción de productos forestales.	1. La construcción de infraestructura para el aprovechamiento de productos agropecuarios. 2. Ecoparques o agroparques. 3. Infraestructura de transporte y movilidad área. 4. Procesamiento de productos agropecuarios. 5. Turismo de naturaleza y/o ecológico. 6. Actividades de adrenalina. 7. Minería	1. Parcelaciones de vivienda campestre. 2. Las actividades recreativas de mediano y alto impacto. 3. Jardines cementerio.							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
	Agrícola	1. Cultivos transitorios y/o permanentes.2. Investigación y educación agrícola y ambiental.	1. Vivienda asociada al manejo de la producción, actividades agroforestales, silvopastoriles.2. Actividades asociadas al agroturismo y ecoparques.3. Construcción de sistemas de riego.4. Tránsito por caminos de servidumbre existentes.	1. La construcción de nueva infraestructura y vías terciarias.2. Actividades agroindustriales.3. Ganado bovino, porcino y equino de pequeña intensidad.4. Cría de especies menores.5. Procesamiento de productos agrícolas.6. Procesamiento de productos pecuarios.7. Minería.	1. Parcelaciones de vivienda campestre.2. Actividades pecuarias intensivas y extensivas.3. La ubicación de industrias o comercio de gran superficie.5. Publicidad visual.6. Actividades recreativas de mediano y alto impacto.7. Jardines cementerio							
	Áreas mineras en transición	1. Extracción de materiales para la construcción.2. Servicios de apoyo a la actividad minera. Industria relacionada con la elaboración de productos para la construcción.	1. Forestal protector, forestal productor y agroforestal.2. Usos agroindustriales e industriales.3. Parques minero-industriales.4. Para áreas con coberturas boscosas.5. Ecoparques.	1. Comercio y servicio minorista.2. Infraestructura de transporte por cable aéreo.3. Vivienda una vez se garantice la estabilidad del suelo y se cumplan las densidades establecidas.	1. Vivienda en cualquiera de sus modalidades.2. Comercio de gran formato.3. Parcelación de vivienda campestre.4. Jardines cementerio.							
	Mixto Urbano-rural	Vivienda, agricultura	1. Comercio minorista cotidiano. Servicios comunitarios y	1. Los depósitos de vehículos de transporte público, industria artesanal, pequeña y	1. Ganadería.2. Plantaciones forestales productoras.3. Industrial mediana y							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
			mercantiles de baja intensidad. 2. Prácticas agropecuarias de especies menores y escalonadas. 3. Agricultura. 4. Prácticas agropecuarias de especies menores y escalonadas.	mediana siempre y cuando la norma urbanística así lo permita y de acuerdo con un protocolo ambiental y urbanístico. 2. Minería.	pesada. 4. Estaciones de servicios. 5. Desarrollos comerciales de "grandes superficies". 6. Servicios financieros. 7. Jardines cementerio. 8. Actividades recreativas de mediano y alto impacto.							
		Vivienda	1. Equipamientos locales relacionados con las actividades y zonas comunes de la parcelación. 2. Prácticas agropecuarias de especies menores y escalonadas. 3. Agricultura. 4. Prácticas agropecuarias de especies menores y escalonadas.	1. Industria artesanal, pequeña y mediana siempre y cuando la norma urbanística así lo permita y de acuerdo con el protocolo ambiental y urbanístico. 2. Minería.	1. industria mediana y mayor, 2. Las actividades recreativas de mediano y alto impacto. 3. Jardines cementerio. 4. Floricultura.							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
San Jerónimo	Reserva	Forestal protector	Actividades de educación, investigación científica y de conservación ambiental	Obras de infraestructura.	Cualquier actividad diferente a la conservación, protección y perpetuación de los recursos naturales o que vaya en contra del uso principal.							
	Rural a urbano	Parcelaciones de vivienda campestre y fincas de recreo, infraestructura física para la recreación y el ocio.	Cultivos permanentes, agricultura de "Pan coger", comercio, silvicultura con fines protectores, ecoturismo, vivienda campesina.	Cultivos limpios, central de abastos, infraestructura de alto impacto.	Pecuarios, vivienda de alta densidad, actividades de silvicultura y extracción de madera; otros usos que atenten contra los valores ambientales.			X	Acuerdo municipal No. 003	4 de mayo de 2012		2024
	Suburbano	Infraestructura de comercio y servicios; infraestructura física para la recreación y el ocio, parcelaciones de vivienda campestre y fincas de recreo, parcelaciones para vivienda y fincas de recreo	Silvicultura con especies nativas para fines protectores, infraestructura física para la recreación y el ocio (hostales, parques recreativos, zonas de camping, entre otros)	Agrícola y pecuario	Vivienda de alta densidad, silvicultura y extracción de la madera, otros usos que atenten contra los valores ambientales.							

Municipio	Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
						POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
	Agropecuario	Pecuario	Vivienda rural campesina de baja densidad, actividades agrícolas de pequeña producción.	Pecuarios en cercanías a viviendas, ganadería extensiva, actividades de servicios relacionadas con la silvicultura y la extracción de la madera, obras de infraestructura.	Parcelaciones y viviendas de recreo, ganadería sobre retiros a fuentes hídricas, vivienda de alta densidad y cultivos erosivos.							
	Protección	Forestal-protector	Actividades de educación, investigación científica y de conservación ambiental.	Vivienda rural (cumpliendo con la densidad establecida por CORANTIOQUIA), actividades ecoturísticas.	Cualquier actividad diferente a la conservación y protección que implique la ocupación de los retiros a fuentes hídricas.							
	Agrícola	Agricultura	Vivienda rural campesina de baja densidad, comercial asociado a centros de distribución de alimentos, trapiches.	Pecuarios, obras de infraestructura.	Parcelaciones, ganadería con fines comerciales a gran escala, vivienda de alta densidad, actividades silvicultura y la extracción de madera.							
	Mixto (Agrícola y pecuaria)	Vivienda rural campesina de baja densidad, silvicultura con fines protectores, infraestructura de alto impacto.	Vivienda rural campesina de baja densidad, silvicultura con fines protectores, infraestructura de alto impacto.	Agricultura	Parcelaciones y fincas de recreo, ganadería con fines comerciales a gran escala, vivienda de alta densidad, actividades de silvicultura y extracción de madera.							

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.7 Conflictos de uso del Suelo

Los Conflictos de Uso de la Tierra son el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace actualmente del medio natural y aquel que debería tener de acuerdo con la oferta ambiental (IGAC, CORPOICA, 2001). El conflicto de Uso se presenta cuando las tierras son utilizadas inadecuadamente ya sea por sobreutilización o subutilización (IGAC, 1988)

El proceso de análisis para la definición de áreas de Conflictos de Uso tiene como elementos básicos la Vocación de Uso de las tierras y la información de Cobertura y Uso actual que representa la demanda actual. De la confrontación crítica de estos dos elementos surgen las clases de Conflictos y sus grados de intensidad, las necesidades de conservación y recuperación de tierras.



Para evaluar la concordancia, compatibilidad o discrepancia en el uso, se elaboró una matriz de decisión que permite confrontar las unidades de Vocación Actual de Uso vs el Uso Actual.

Cada una de las unidades de Cobertura y Uso actual se valoró en relación con la Vocación Actual de Uso, para lo cual a cada clase de Cobertura Actual se asignó el uso actual en términos de la Vocación de Uso Principal, para comparar niveles similares dentro de la matriz.

Las coberturas localizadas en áreas protegidas tienen la asignación principal de uso como conservación.

A continuación se presenta la descripción de los niveles de Conflicto de Uso del Suelos que se evaluará para el área de influencia y en la Tabla 5-29 se presenta la codificación utilizada para cada nivel de conflicto.

- **Tierras sin Conflicto de Uso o uso adecuado (A):** son aquellas tierras donde hay correspondencia entre la vocación de uso y el uso actual, o en su defecto, se encuentra en usos que no ocasionen deterioro del suelo y el medio ambiente.
- **Conflicto por Subutilización:** se denomina en conflicto por subutilización a los suelos donde el uso dominante presenta un nivel inferior de intensidad de uso en comparación con la capacidad productiva del mismo de acuerdo a las características agrologicas, lo cual afecta los niveles productivos del mismo, sin que eso ocasiona pérdida del recurso.
 - **Subutilización ligera (S1):** suelo cuyo uso principal está muy cercano al uso compatible, pero que se ha evaluado de menor intensidad.
 - **Subutilización moderada (S2):** suelos cuyo uso actual está por debajo, dos niveles de la capacidad productiva definida.
 - **Subutilización severa (S3):** suelos cuyo uso principal está por debajo tres o más niveles de su capacidad de uso.
- **Conflicto por sobreutilización:** ésta categoría se le asigna a aquellos suelos donde el uso

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

actual dominante en comparación con la vocación de uso, de acuerdo con las clases agrologicas, es más intenso.

- **Sobreutilización ligera (O1):** suelos cuyo uso actual se encuentra muy cercano a la vocación de uso.

- **Sobreutilización moderada (O2):** suelos cuyo uso actual se encuentra por encima dos niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Es común encontrar en esta categoría tierras con signos de deterioro de los recursos naturales y el suelo, en especial procesos erosivos activos.

- **Sobreutilización severa (O3):** suelos cuyo uso actual se encuentra por encima tres niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Son suelos con signos de degradación avanzada de los recursos como procesos erosivos severos y baja productividad de las tierras.

Tabla 5-29 Codificación de los Grados de Conflictos de Usos del Suelo

Nomenclatura	Tipo de Conflicto
A	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado
S1	Conflicto por subutilización ligera
S2	Conflicto por subutilización moderada
S3	Conflicto por subutilización severa
O1	Conflicto por sobreutilización ligera
O2	Conflicto por sobreutilización moderada
O3	Conflicto por sobreutilización severa
NA	No aplica

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En la Tabla 5-30 se establece la matriz para la determinación del conflicto de uso de acuerdo con los usos definidos, especificando las posibles combinaciones que se pueden presentar. La matriz hace confrontación de 12 tipos de usos actuales y 5 usos potenciales, lo cual implica 60 combinaciones posibles de conflicto de usos del suelo.

Tabla 5-30 Matriz de determinación de Conflicto de Uso del Suelo

Uso Actual \ Uso Potencial		USO	Agrícola		Agroforestal		Ganadero		Forestal		Conservación			Zonas de extracción minera	Urbano	
		TIPO DE USO	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos	Cultivos transitorios semintensivos	Agrosilvopastoril	Silvopastoril	Pastoreo extensivo	Pastoreo intensivo y semiintensivo	Producción	Protección-producción	Protección	Recuperación	Recursos Hídricos	Explotación de recursos naturales	Comunicación	Urbano
USO	TIPO DE USO		CSS	CTS	SAP	SPA	PEX	PSI	FPR	FPP	CFP	CRE	CRH	EM	UC	UR
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	S1	A	S3	S3	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3	O3	NA	NA
	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivo	CSS	A	O1	S2	S2	S2	O1	S1	S3	S3	S3	S3	O3	NA	NA
	Cultivos transitorios Semiintensivos	CTS	S1	A	S3	S3	S3	S1	S3	S3	S3	S3	S3	O3	NA	NA
Agroforestal	Silvopastoril	SPA	O2	O3	A	A	A	O2	A	S2	S3	S3	S3	O3	NA	NA
Forestal	Protección-Producción	FPP	O3	O3	O2	O2	O1	O3	A	A	A	A	A	O3	NA	NA
	Producción	FPR	O3	O3	O1	O1	S2	O3	A	S2	S3	S3	S3	O3	NA	NA
Ganadero	Pastoreo extensivo	PEX	O2	O3	S1	S1	A	O1	A	S2	S3	S3	S3	O3	NA	NA
Conservación	Recursos hídricos	CRH	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A	A	A	O3	NA	NA
	Protección	CFP	O2	O3	O3	O3	O3	O3	A	O1	A	A	A	O3	NA	NA

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Como resultado de la confrontación simultanea del uso potencial y el uso actual del suelo,

se obtuvieron los conflictos de uso del suelo presentes en el área de influencia, los cuales se relacionan en la Tabla 5-31

Tabla 5-31 Conflictos de Uso del Suelo

Tipo de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Tierras sin conflicto o con uso adecuado	A	461,26	8,62%
Sobreutilización ligera	O1	731,83	13,68%
Sobreutilización moderada	O2	401,25	7,50%
Sobreutilización severa	O3	996,41	18,62%
Subutilización ligera	S1	196,78	3,68%
Subutilización moderada	S2	390,35	7,30%
Subutilización severa	S3	1684,57	31,48%
No aplica	N/A	488,04	9,12%
Total general		5350,49	100,00%

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

El conflicto más representativo en el área de influencia corresponde al de subutilización severa (S3) con una ocupación del 31% del área. Este conflicto se genera debido a que las áreas que presentan vocación para actividades agrícolas están siendo usadas para usos de ganadería extensiva, usos forestales para producción y conservación, y áreas en recuperación con suelos degradados. Este conflicto también se genera debido a que las áreas con vocación para la producción forestal están siendo usadas para la conservación de zonas boscosas y de suelos degradados.

En extensión le siguen las áreas que presentan conflicto por sobreutilización severa (O3), y se da por que las tierras que presentan vocación para producción forestal se encuentran utilizadas en pastoreo intensivo y agricultura, a este conflicto y corresponden el 19% del área total.

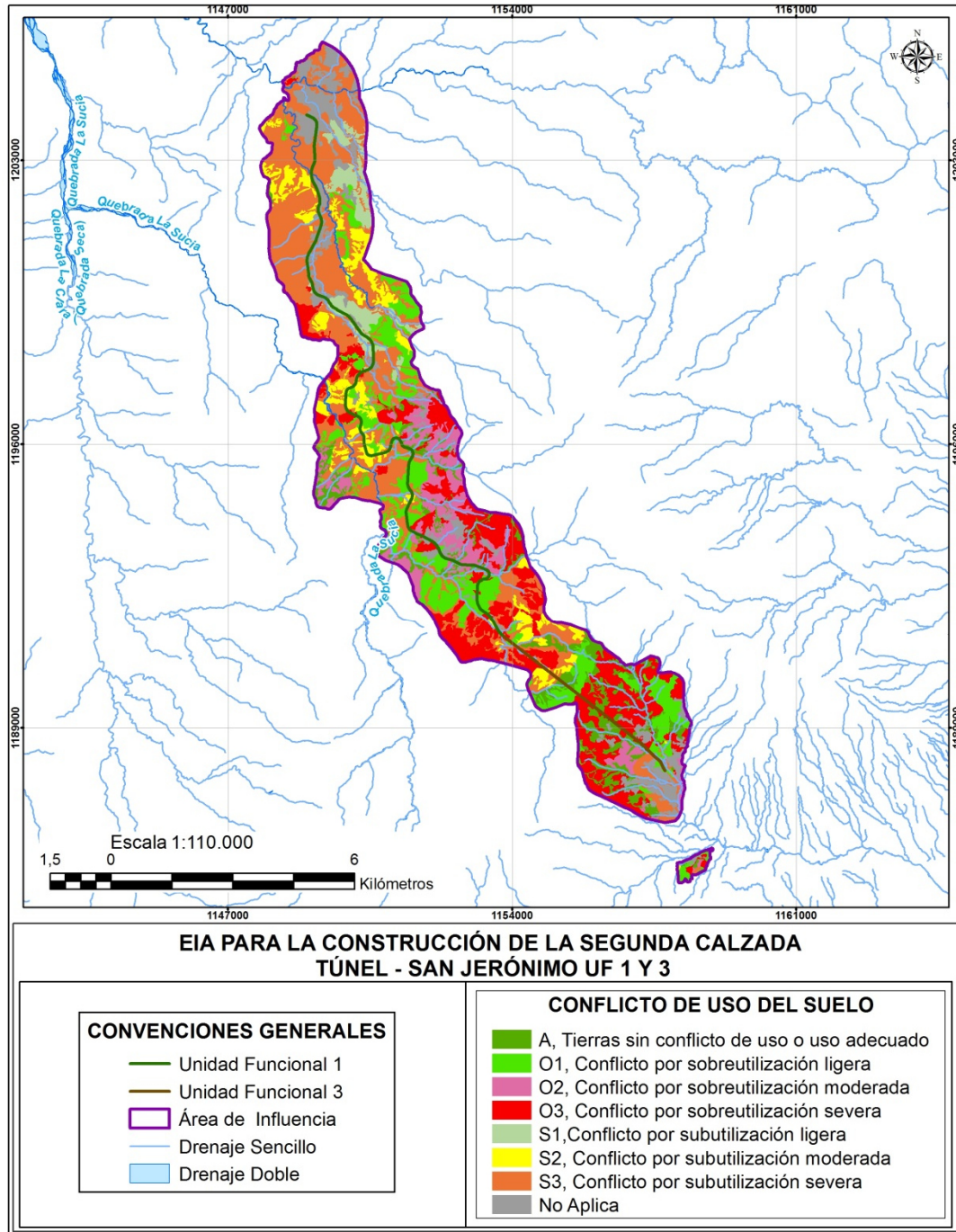
En importancia continúan los conflictos por sobreutilización ligera (O1), con 14% de cobertura, este conflicto se da debido a que los suelos con vocación para la producción agrícola y forestal se encuentran con usos de mayor intensidad con respecto a su potencial ya sean agrícolas o ganaderos.

Seguidos están; las tierras sin conflicto (A) con un 9%, con sobreutilización moderada (O2) con un 7%, con subutilización moderada (S2) con un 7% y subutilización ligera (S1) con un 4%. También es importante recalcar que el 9 % del área de estudio, corresponden a zonas que no aplican caracterización de conflictos por corresponder a zonas urbanas y de comunicación.

En síntesis el conflicto de uso del suelo está orientado principalmente a la subutilización del suelo (42%), en grado severo y moderado, lo que hace notar que el suelo se encuentra en usos de menor intensidad con respecto a los usos que tienen por vocación, es decir, no se

está aprovechando en la medida en que la oferta ambiental del suelo lo permite. En la Figura 5-74 se presenta la distribución espacial de los diferentes tipos de conflicto dentro del área de influencia.

Figura 5-74 Conflicto de uso del suelo

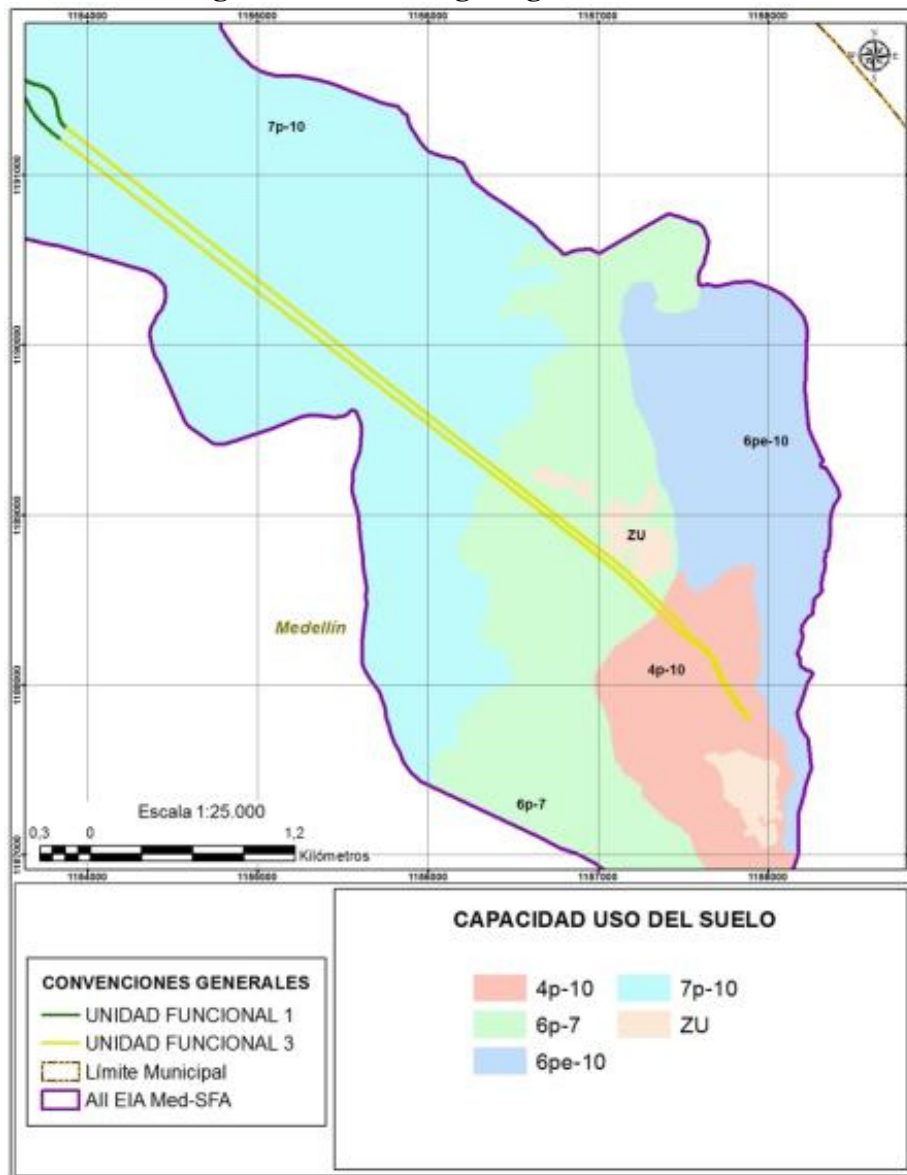


Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)



5.1.4.8 Análisis de vulnerabilidad del recurso suelo en los Túneles

Para el análisis de la vulnerabilidad del recurso suelo en la unidad funcional 3, que es a la cual, según el proyecto, pertenece la construcción del túnel que va en paralelo al actual túnel de occidente, se tuvieron en cuenta las clases agrológicas propias de las unidades cartográficas de suelo presentes en el área. Dichas clases agrológicas agrupan los suelos que presentan un grado similar de limitaciones en general y de riesgos, siendo esto la pauta para determinar su vulnerabilidad. De las unidades cartográficas de suelo por las que atraviesa el diseño del túnel se identificaron 3 clases agrológicas (Figura 5-75) que se describen a continuación:

Figura 5-75 Clases agrológicas en la UF 3



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	



Clase 7p-10: Esta clase presenta las características de mayor vulnerabilidad para la unidad funcional 3. Son suelos que presentan pedregosidad superficial media a alta (50-90%), profundidades menores a 25 cm, saturación de aluminio mayor al 90%. Estos factores hacen que sean suelos inhabilitados para la actividad agrícola, pero si aptos para la actividad forestal de protección. Tienen grandes riesgos de remoción debido a que presenta altas pendientes y poco drenaje (Fotografía 5-113) (IGAC y CORPOICA, 2002) (IGAC, 2007).

Fotografía 5-113 Suelos de la Clase 7p-10



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Clase 6p-7: Esta clase presenta limitaciones por pendientes ligeramente escarpadas, lo cual la hace susceptible a fuertes procesos de erosión y movimientos en masa, son suelos que se pueden usar en agricultura con un manejo especial, debido a que presentan una fuerte acidez, alta saturación de aluminio y fertilidad baja (IGAC, 2007). Son suelos que presentan mayor estabilidad que la clase 7p-10, pero que sin embargo presentan alta degradación debido a las pendientes que presenta (Fotografía 5-114).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-114 Suelos de la Clase 6p-7



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Clase 4p-10: Es la clase menos vulnerable de las presentes en la ubicación espacial del diseño del túnel, debido a que presenta pendientes moderadamente inclinadas y sufre procesos de erosión ligeros, ya que debido a su baja fertilidad presenta dificultad para el establecimiento de vegetación natural. También presenta ocasionalmente movimientos en masa (Fotografía 5-115) (IGAC, 2007).

Fotografía 5-115 Suelos de la Clase 4p-10



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Es importante mencionar que las actividades del túnel no implican alteraciones directas sobre el suelo, dado que la intervención se realizará en el subsuelo, en donde de acuerdo al material parental de la zona y las dinámicas geológicas se encuentran rocas metamórficas, principalmente esquistos, granitos, cuarzodioritas y granodiaritas.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5 Hidrología

La variada orografía de los corredores de los trazados viales, constituye el escenario de una gran red hídrica, cuya abundancia se sustenta en la existencia de gran vegetación, conformada por recursos lóticos especialmente; donde se presenta una topografía, montañosa con colinas (cordillera central) y zonas de valles y planicies (valle del río Cauca). La red de drenajes de dicha área pertenece al área hidrográfica Magdalena - Cauca, Zonas hidrográficas Cauca y Nechí, subzonas Directos Río Cauca (MD) y río Porce, las cuales se describen de manera general en el presente documento.

5.1.5.1 Introducción



De manera general cabe anotar que la hidrología se encarga de estudiar la dinámica del agua, su circulación y distribución en un área específica, así como su interacción con el medio ambiente. Dicha área está compuesta por cuencas, las cuales se pueden definir como unidades territoriales delimitadas por los filos de las montañas, por donde escurren naturalmente las aguas lluvias (escorrentía) y manantiales que afloran de las aguas subterráneas, para drenar a los arroyos, quebradas, ríos, entregar caudales a cauces más grandes, lagos o al mar, conformando un sistema interconectado⁶⁵.

Estas unidades territoriales o cuencas hidrográficas se han constituido como unidades de planificación en el país, teniendo como finalidad mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de los recursos y la conservación de su estructura físico biótica, particularmente del recurso hídrico⁶⁶; estas unidades territoriales generan bienes y servicios ambientales que son demandados principalmente para poblaciones localizadas en el área de estudio. En lo anterior radica la importancia de definir las cuencas que se superponen con el área de influencia, así como los procesos biofísicos y antrópicos que tienen lugar, de tal manera que el desarrollo de éste, se realice bajo los principios de sostenibilidad ambiental, con el objetivo de no interferir en procesos de captación, regulación y descarga de agua y garantizar la cantidad, calidad y disponibilidad de agua, para los habitantes de las cuencas.

Relacionado con lo anterior, en los numerales siguientes se presenta información de las cuencas presentes en el área de influencia, así como las características de los sistemas lénticos y lóticos, los caudales característicos de los principales cuerpos de agua, red de drenaje y demás aspectos que permiten caracterizar las condiciones hidrológicas del área de influencia, dando cumplimiento a lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – EIA – en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, establecidos por el MADS mediante Resolución 751 de marzo de 2015. Cabe resaltar que, de acuerdo a estos términos de referencia, se divide el contenido

⁶⁵ IDEAM, 2010

⁶⁶ Presidencia de la República de Colombia. (06/08/2002). Decreto 1729 de 2002. DO: 44.893

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

de este componente abiótico en 1) Área de Influencia y 2) Tramos en túnel.

5.1.5.2 Alcance de los estudios

El alcance técnico del análisis hidrológico, teniendo en cuenta la información y disponible y el cronograma de tiempo programado para la realización de los mismos incluye:

- Revisión de la documentación disponible.
- Complementación de la información hidrológica y cartográfica.
- Realización de visitas técnicas de inspección de reconocimiento y detallada en campo a cada uno de los sitios de posible intervención (cauces), con el fin de definir y establecer aspectos técnicos tales como: condiciones de los sitios, estimación de los parámetros de cobertura vegetal, evaluación de la incidencia de las estructuras de control hidráulico cercanas al sitio de emplazamiento, establecer los coeficientes de rugosidad del lecho y orillas de los cauces.
- Análisis hidrológico para determinar los caudales medios, máximos y mínimos esperados para determinados períodos de retorno, en las subcuencas hidrográficas aferentes a los sitios previstos para las estructuras de control proyectadas.
- Caracterización del área de influencia.

5.1.5.3 Fuentes de información

Los objetivos que cumplen los estudios hidrológicos en proyectos que impactan los recursos hidráulicos de una cuenca son los mismos en un desarrollo pequeño que en uno de tamaño considerable. En ambos casos se debe utilizar al máximo la información disponible y aplicar las técnicas más apropiadas para obtener los mejores resultados posibles.



Por regla general muchos proyectos relacionados con recursos hídricos están localizados en zonas donde el cubrimiento de la red hidrometeorológica es deficiente, o donde la cartografía no existe a la escala adecuada. Por esta razón, los proyectos que se desarrollan en esas zonas están casi siempre asociados con el problema de la información escasa.

En cuanto a la información importante que se requiere para iniciar el estudio hidrológico se consultó en las entidades oficiales y particulares que tienen relación con la zona de influencia del proyecto. Así se obtiene información referente a cartografía y aerofotogrametría, hidrometeorología, uso de la tierra, monografías y estudios regionales.

Dentro de los insumos para determinar los patrones de drenaje a nivel regional, se empleó la siguiente información:

- ✓ Cartografía

La información cartográfica para los análisis de hidrología empleó información en escala

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

1:25.000 y 1:10.000 (Túnel) y específicamente la que se lista a continuación:

- Carta Topográfica Nacional - Escala 1: 25.000 Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC
- Información hidrológica con base en los planes de ordenamiento territorial de los municipios del Corredor.

✓ Información de fuentes oficiales

Como fuente de información se identificaron y consultaron las siguientes entidades:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC),
- Corporación Autónoma Regional de Antioquia (CORANTIOQUIA)
- Gobernación de Antioquia,
- Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Medellín,
- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Jerónimo,
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),
- Empresas Públicas de Medellín (EPM).

✓ Información Hidrológica

A fin de realizar la descripción hidrológica del área de influencia, se utilizó información hidrométrica actualizada suministrada por el IDEAM y EPM y que, en su mayoría, cuentan con información para el periodo comprendido entre los años de 1971 a 2014. Los registros se encuentran relacionados en el Anexo E - Datos Caudales y Niveles, los registros de estaciones de corrientes principales de la zona de estudio se presentan en la Tabla 5-32 y su localización en la Figura 5-76.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

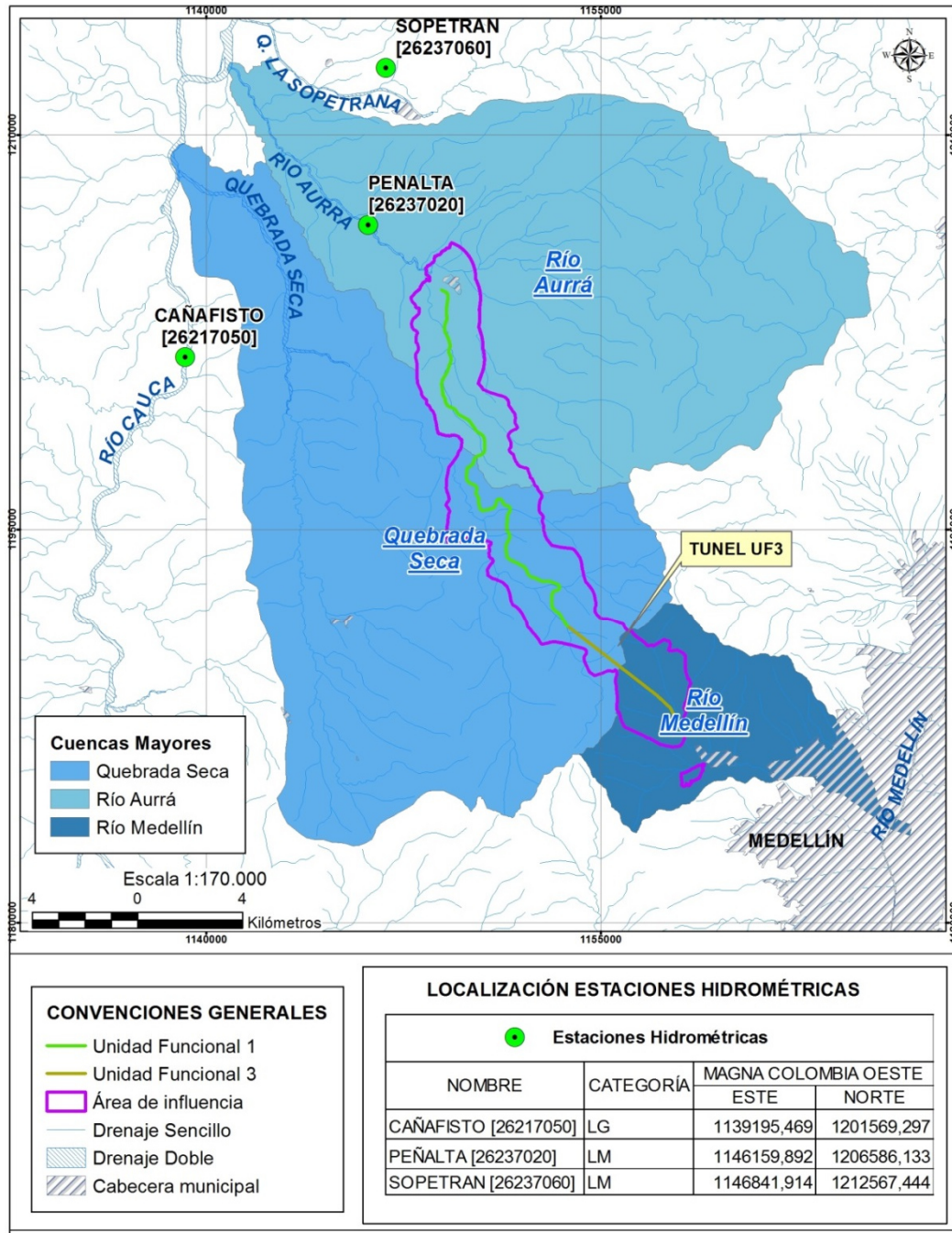
Tabla 5-32. Estaciones utilizadas en el análisis hidrológico

NOMBRE Y CÓDIGO	TIPO	ESTADO	ENTIDAD	DEPTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTIT.	FECHA		PERÍODO ANALIZADO
							N	W		INSTALAC.	SUSPENS.	
PENALTA [26237020]	LM	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	SAN JERÓNIMO	AURRA	6°27'45,4"	75°45'22,7"	480	1971-04-15	–	1971 – 2014
SOPETRAN [26237060]	LM	SUS	IDEAM	ANTIOQUIA	SOPETRÁN	QDA LA SOPETRANA	6°31'0"	75°45'0"	680	1980-03-15	1996-04-15	1980 – 1996
CAÑAFISTO [26217050]	LG	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	SANTA FE DE ANTIOQUIA	CAUCA	6°25'4,7"	75°49'9,3"	2100	1978-11-15	–	1979 – 2010

LM = Limnométrica. LM=Limnográfica

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-76. Localización estaciones hidrométricas - zona de estudio.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Debido a la poca información hidrométrica disponible de las corrientes del corredor vial, se debe recurrir a métodos indirectos de lluvia escorrentía, por lo que es necesario contar con información de estaciones climatológicas de la zona, las cuales se muestran en la Tabla 5-33 y Figura 5-77.

Tabla 5-33 Relación de las estaciones utilizadas en el análisis climatológico para estimación de caudales

Código	Nombre	Corriente	Municipio	Cat.	Est.	Altitud (msnm)	Coordenadas	
							Este	Norte
26215020	Cañafisto	Cauca	Santafé de Antioquia	CO	S	500	1139493,82	1201487,07
26205080	La Aldea	La Frisola	Medellín	ME	A	1638	1152330,70	1193149,84
27011120	La Iguana	Quebrada La Iguana	Medellín	PG	A	2300	1157134,10	1190427,97
26230180	Llanos de San Juan	Quebrada La Muñoz	San Jerónimo	PM	A	1600	1150436,43	1202658,11

Categoría (Cat):

PM= Pluviométrica

CO= Climatológica Ordinaria

ME= Meteorológica

PG= Pluviográfica

SP= Sinóptica Principal

CP= Climatológica Principal

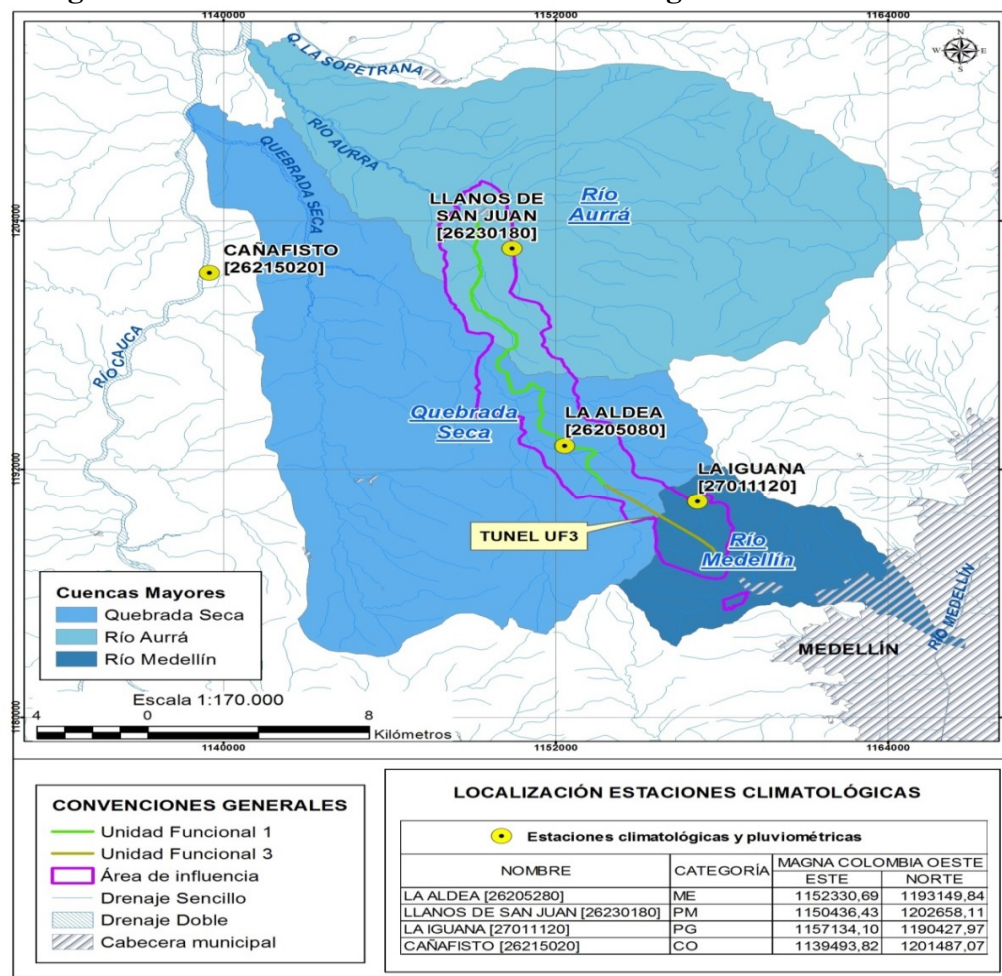
Estado (Est):

A= Activa

S=Suspendida con registros iguales o superiores a 15 años.

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-77. Localización estaciones climatológicas - zona de estudio.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.4 Área de Influencia

5.1.5.4.1 Sistemas lénticos y lóticos identificados

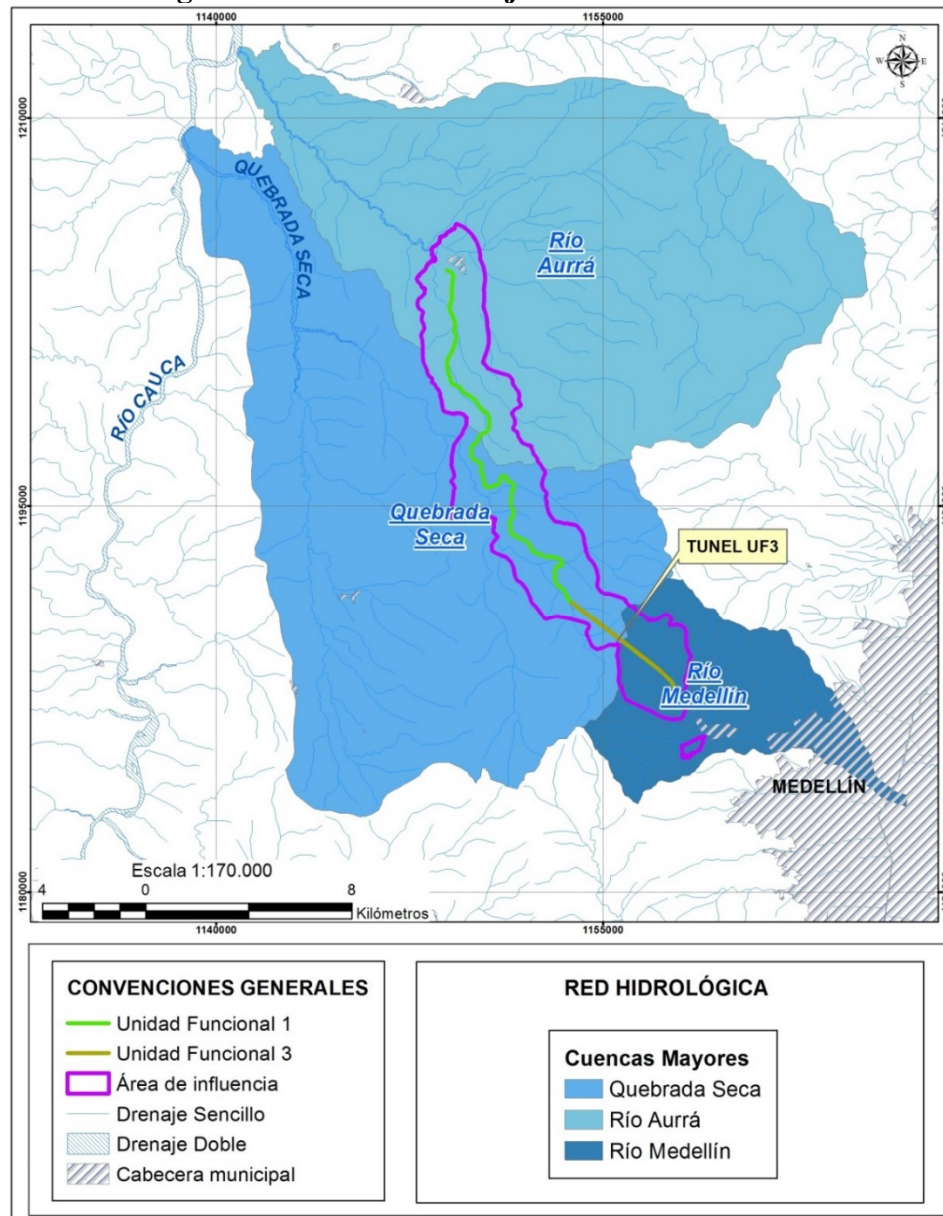
5.1.5.4.1.1 Sistemas Lóticos

La identificación de la red hidrográfica del área del proyecto, se realizó a partir de la cartografía IGAC escala 1:25000 y 1:100.000, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lótico, que de acuerdo con la clasificación de Horton corresponde a corrientes de orden 1 a 4.

El área de estudio se encuentra, según la clasificación de cuencas de IDEAM, dentro del área hidrográfica hidrográfica Magdalena - Cauca, específicamente en las zonas hidrográficas de Afluentes directos al río Cauca (margen derecha) y Río Nechí - Río Porce (esta información se amplía en el numeral 5.1.5.4.2)

El área hidrográfica Magdalena – Cauca abarca una superficie aproximada de 257,440 km², 23% de la superficie total del país, contiene 722 municipios, se asienta más del 80% de la población y de las actividades productivas del país. Vierte sus aguas en el mar Caribe después de recorrer 1540 Km, con un caudal medido de 7,100 m³/s a la altura de Calamar, antes de la bifurcación con el Canal del Dique.

Figura 5-78. Red de drenaje en el área de estudio











Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A., 2016.





➤ Identificación de corrientes que interceptan el proyecto





En la Tabla 5-34 se hace un resumen de los cuerpos de agua loticos identificados en la zona de influencia del proyecto vial. Dentro de éstos se han incluido tanto los de tipo estacional como perenne y en general se trata de cuencas con pendientes medias, de forma ovalada alargada, lo cual indica que son menos susceptibles a presentar crecientes.





Tabla 5-34 Cuerpos Loticos identificados en el proyecto vial UF 3 y 1






ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
147	Medellín	La Volcana-Guayabal	Q. La Volcana	6	2	1192753,47	1153569,72	Flujo tranquilo, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
146	Medellín	Cabecera Corregimental Palmitas	Q. La Cola	1	1	1192944,11	1153307,81	Cauce mojado, con baja presencia de vegetación tipo arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
145	Medellín	La Aldea	Q. La Nuez	2	1	1192991,92	1153176,03	Seca, con presencia de cultivo de plátano en la ronda y pastizales	Ondulada a Media	
144	Medellín	La Aldea	Q. La Causala	3	1	1193148,46	1152575,43	Flujo turbulento, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Escarpada o fuerte	





ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
143	Medellín	La Sucia	Q. La Potrera	7	1	1194802,53	1151573,56	Flujo turbulento, con presencia media de vegetación arbórea, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
142	Medellín	Urquita	Q. La Miserenga	10	1,5	1195669,15	1151837,46	Flujo turbulento, con presencia media de vegetación arbórea, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
141	Medellín	Urquita	Drenaje NN 02 – La Mica	2	0,5	1196113,37	1151256,94	Flujo turbulento, con baja presencia de vegetación herbácea, lecho con presencia de material grueso	Escarpada o fuerte	
138	Medellín	Urquita	Q. Saltos y Pisquines	1	1	1196208,68	1151182,01	Flujo turbulento, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Escarpada o fuerte	





ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
137	Medellín	Urquita	Q. San Gregorio	3	1	1196003,54	1151001,068	Seca, con presencia media de vegetación de tipo arbustiva, lecho con presencia de material fino	Ondulada a Media	
136	Medellín	Urquita	Q. La Iris – Q. San Gregorio)	2	0,5	1195926,78	1150984,28	Seca, con alta presencia de vegetación de tipo arbustiva, lecho con presencia de material fino	Ondulada a Media	
135	San Jerónimo	Mestizal	Q. La Roncha	-	-	1195844,18	1150416,62	Alta presencia de vegetación arbórea. No fue posible el acceso al cauce por densidad de vegetación y condiciones de pendiente	Ondulada a Media	
134	San Jerónimo	Mestizal	Q. La Mula	3	2	1195999,20	1150373,70	Seca, con presencia media de vegetación de tipo arbórea, lecho con presencia de material	Ondulada a Media	




ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
								mediano		
133	San Jerónimo	Mestizal	Q. La Rochela	4	2	1196290,48	1150339,31	Seca, con baja presencia de vegetación de tipo arbustiva, lecho con presencia de material mediano	Ondulada a Media	
132	San Jerónimo	Mestizal	Quebrada La Seca	3	1	1196730,45	1150210,29	Seca, con baja presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
66	San Jerónimo	Pesquinal	Q. La Yola	-	-	1196912,88	1149940,92	Alta presencia de vegetación arbórea. No fue posible el acceso al cauce por densidad de vegetación y condiciones de pendiente	Escarpado o Fuerte	
65	San Jerónimo	Pesquinal	Q. Mestizal	-	-	1197083,95	1149931,73	Alta presencia de vegetación arbórea. No fue posible el acceso al cauce por densidad de vegetación y condiciones de	Escarpado o Fuerte	




ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
								pendiente		
64	San Jerónimo	Pesquinal	Q. La Madera	6	1	1197193,48	1149947,31	Seca con presencia media de vegetación herbácea y pastizales, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	
V3	Medellín	La Frisola	Quebrada La Valencia	6	0.5	1191006,601	1154070,356	Flujo tranquilo de color transparente cuenta con sustrato rocoso cubierto de abundante hojarasca	Ondulada a media	
32	Medellín	La Frisola	Drenaje NN 32	0.3	0.05	1190726,796	1154461,868	Flujo tranquilo de color transparente, con sustrato rocoso arenoso.	Ondulada a media	
28	Medellín	La Frisola	Drenaje NN28	1	0.02	1190374,17	1155424,821	Flujo tranquilo con presencia de vegetación arbórea y arbustiva	Ondulada a media	



ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
27	Medellín	La Frisola	Drenaje 27	0.8	0.3	1190044,34	1155038,937	Flujo tranquilo con presencia de vegetación de tipo arbórea menor a 5 metros, lecho arenoso.	Escarpado o fuerte	
26	Medellín	La Frisola	Drenaje 26	0.50	0.05	1189852,244	1155592,253	Flujo transparente, con sustrato rocoso arcilloso	Escarpado o fuerte	
29	Medellín	La Frisola	Drenaje 29	-	-	1190207,45	1155133,19	Punto en el cual las condiciones de pendiente impidieron el acceso	-	
30	Medellín	La Frisola	Drenaje 30	-	-	1190244,19	1155083,90	Punto en el cual la topografía y la pendiente impidieron el acceso	Escarpada o fuerte	
31	Medellín	La Frisola	Drenaje 31	-	-	1190336,07	1154969,90	Punto en el cual la topografía y la pendiente impidieron el acceso	Escarpada o fuerte	




ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
33	Medellín	La Frisola	Drenaje 33	-	-	1190973,01	1154147,31	Punto en el cual la topografía y la pendiente impidieron el acceso	Escarpada o fuerte	
63	San Jerónimo	Mestizal	Quebrada NN 02 – La Cola	1	0,5	1197426,39	1150115,51	Flujo tranquilo con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Escarpada o fuerte	
134	San Jerónimo	Mestizal	Drenaje NN 112	-	-	1.197.431,92	1.150.045,53	Cuerpo de agua en zona de alta pendiente con dificultades de acceso hasta el cauce, se evidencia vegetación de tipo arbustiva densa.	Ondulada a media	
62	San Jerónimo	Piedra Negra	Q. La San Juan	3	0,5	1197810,25	1150447,89	Flujo tranquilo, con abundante presencia de vegetación arbustiva	Escarpada o Fuerte	



ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profunda (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
61	San Jerónimo	Piedra Negra	Drenaje NN 03	1,5	1,5	1198106,67	1150603,93	Seca con abundante presencia de vegetación arbustiva	Ondulada a Media	
60	San Jerónimo	Piedra Negra	Q. La Murrapala	3	1	1198449,40	1150564,67	Flujo tranquilo con alta presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material mediano	Plana o suave	
59	San Jerónimo	Llano San Juan	Drenaje NN 04	2	2	1199009,14	1150084,36	Cauce mojado sin flujo de agua, con presencia baja de herbáceas y pastizales, cauce cubierto en concreto.	Ondulada a Media	
58	San Jerónimo	Llano San Juan	Drenaje NN 05	1	0,5	1199586,09	1149491,79	Flujo tranquilo con presencia media de vegetación herbácea, lecho con presencia de material mediano, actualmente se adelanta construcción	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
								sobre el cauce (local)		
217	San Jerónimo	Llano San Juan	Drenaje NN 115	0.5	0.4	1.198.758,27	1.150.165,01	Flujo tranquilo con presencia de vegetación de tipo arbustiva con baja densidad, cauce con presencia de peces	Plana o suave	
214	San Jerónimo	Llano San Juan	Drenaje NN 116	0.3	0.5	1.198.729,47	1.150.342,82	Cauce mojado con mínimo flujo de agua, presencia de vegetación arbustiva y pastizales	Ondulada a media	
57	San Jerónimo	Llano San Juan	Q. La San Juan	5	1	1199612,80	1149377,54	Flujo tranquilo con presencia media de vegetación arbórea, lecho con presencia de material mediano	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
56	San Jerónimo	Berrial	Drenaje NN 06	2	1	1199730,17	1149192,44	Seca con baja presencia de vegetación de tipo arbustiva, lecho con presencia de material fino.	Plana o Suave	
54	San Jerónimo	Berrial	Cañada Honda	2	2	1200398,48	1148957,51	Seca, con baja presencia de vegetación arbórea, cauce recubierto en concreto con infraestructura construida sobre el cauce (parte de vivienda)	Ondulada a Media	
53	San Jerónimo	Berrial	Drenaje NN 07	3	2	1200657,88	1148965,19	Seca, con presencia media de herbáceas y pastizales, cauce cubierto en concreto	Ondulada a Media	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
52	San Jerónimo	Berrial	Caño El Garabato	5	3	1201643,68	1149277,66	Cauce mojado sin flujo de agua, con presencia media de herbáceas y pastizales, cauce cubierto en concreto.	Escarpada o fuerte	
51	San Jerónimo	Berrial	Q. Guaracu 1	10	2	1202660,78	1149017,28	Flujo tranquilo, con presencia de vegetación arbustiva con densidad media, lecho con presencia de material grueso	Plana o Suave	
212	San Jerónimo	Pantanillo	Drenaje NN 118	1.5	0.05	1.202.580,82	1.149.620,21	Cauce recubierto en concreto, con poco flujo de agua y poca vegetación	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profundidad (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
						Norte (Y)	Este (X)			
126	San Jerónimo	Piedra Negra	Drenaje NN 119	1.5	0.5	1.198.431,61	1.150.548,13	Flujo tranquilo con presencia de vegetación de tipo arbórea con individuos mayores a 5 metros, con densidad media.	Ondulada a media	
222	San Jerónimo	Piedra Negra	Drenaje NN 120	0.1	0.1	1.198.293,01	1.150.456,64	Flujo tranquilo con presencia de vegetación arbustiva con densidad media	Plana o suave	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.4.1.2 Sistemas Lenticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos, tales como *humedales*, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados y de ambiente normalmente secos; *lagunas*, las cuales representan geoformas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región.

Dentro del área de influencia, Unidad Funcional 3 y 1; no se identificaron cuerpos de agua lenticos.

5.1.5.4.2 Cuencas Hidrográficas, de acuerdo a la clasificación IDEAM

Según la clasificación de cuencas establecida por el IDEAM y ratificada por el Decreto 1640 de agosto de 2012 por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, el área de estudio se encuentra dentro de la denominada área hidrográfica 2. Magdalena - Cauca, en las Zonas Hidrográficas 26. Cauca y 27. Nechí. La clasificación de cuencas mayores se detalla en la Tabla 5-35 y se muestra en la Figura 5-78 (numeral anterior).

El área hidrográfica Magdalena – Cauca abarca una superficie aproximada de 257,440 km², 23% de la superficie total del país. La cuenca del río Cauca tiene un área aproximada de 63,300 Km² y el cauce principal 1350 km de longitud.

Tabla 5-35 Cuencas hidrográficas en la zona de estudio

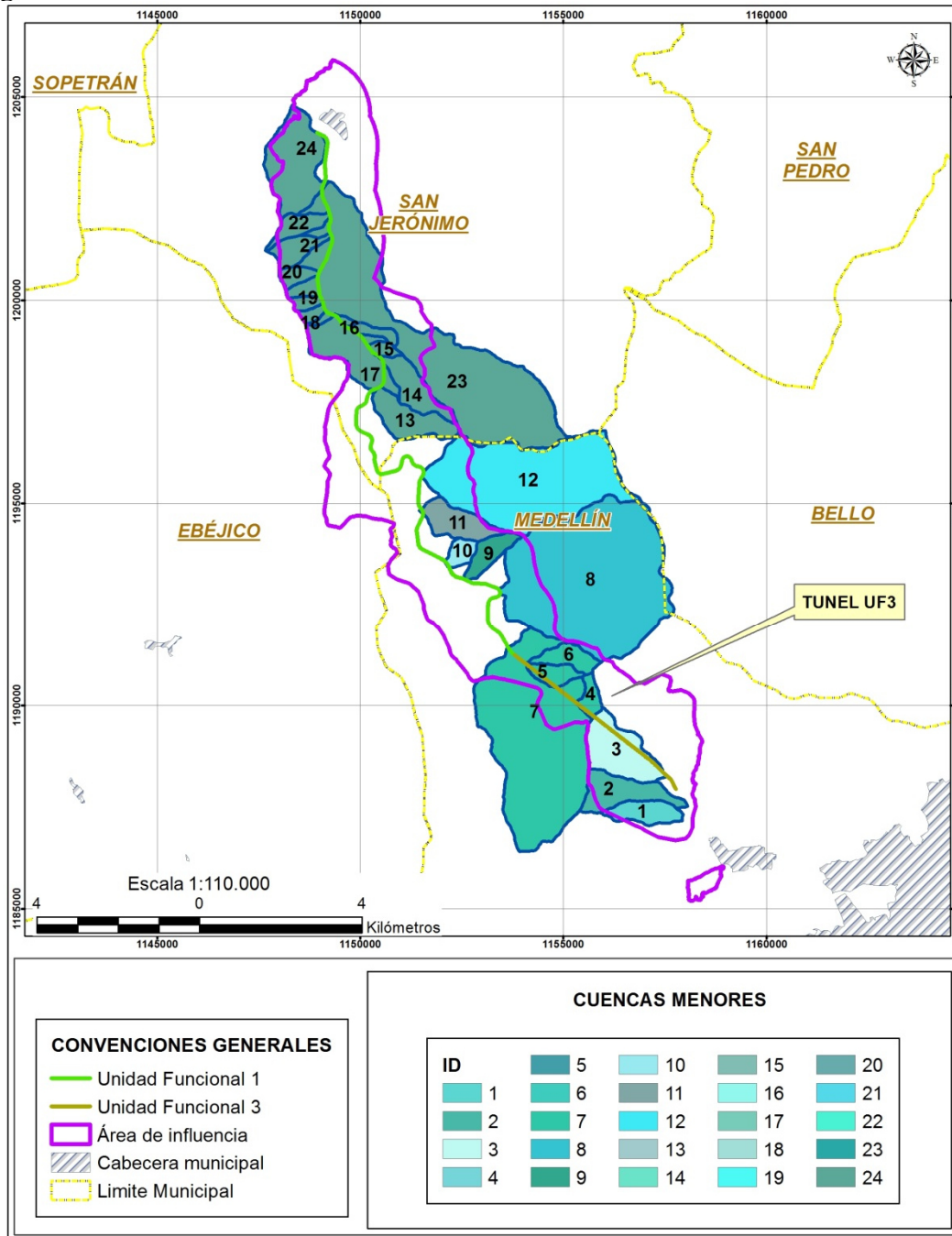
AH		ZH		SZH		CUENCA	SUBCUENCA
CÓDIGO IDEAM/ANLA	AREA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM/ANLA	ZONA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM/ANLA	SUBZONA HIDROGRÁFICA		
2	MAGDALENA CAUCA	27	NECHÍ	2701	Río Porce	Río Medellín	Quebrada La Iguaná
		26	CAUCA	2620	Directos Río Cauca (MD)	Quebrada Seca	
						Río Aurrá	
						Quebrada La Sopetrana	

Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

➤ **Clasificación de corrientes que interceptan el proyecto**

En la Tabla 5-36 se muestra la clasificación de cuencas según el IDEAM de las principales corrientes que cruzan el proyecto, llegando a nivel de jerarquía 7 (Ver Figura 5-79)

Figura 5-79. Localización cuencas menores en sitios de cruce de la zona de estudio



Fuente: IGAC, planchas topográficas. Escala 1:25.000; Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-36 Cuencas menores zona de estudio

ZH		SZH		CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	ORDEN 7	ID
CODIGO IDEAM	ZONA HIDROGRAFICA	CODIGO IDEAM	SUBZONA HIDROGRAFICA					
27	NECHÍ	2701	Río Porce	Río Medellín	Quebrada La Iguaná	Quebrada El Uvito		1
						Quebrada La Tenche		2
						Quebrada La Culebra		3
26	CAUCA	2620	Directos Río Cauca (MD)	Quebrada Seca	Quebrada La Sucia	Quebrada La Frisola	Quebrada La Frisola	4
							Quebrada La Frisola2	5
							Quebrada La Valencia	6
							Quebrada La Frisola3	7
							Quebrada La Volcana	8
							Quebrada La Cáusala	9
							Quebrada La Fonda	10
						Quebrada La Potrera		11
						Quebrada Miserenga		12
				Río Aurrá	Quebrada Guaracú	Quebrada San Juana	Quebrada San Juana	13
							Sin nombre 1(MD)	14
							Sin nombre 2 (MD)	15
							Sin nombre 3 (MD)	16
							Quebrada San Juana 2	17
							Sin nombre 4 (MI)	18
							Sin nombre 5 (MI)	19
							Sin nombre 6 (MI)	20
						Cañada El Aguacate		21
						Sin nombre (MI)		22
						Quebrada Guaracú		23
						Quebrada Guaracú 2		24

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.4.3 Descripción y Localización de red hidrológica

A continuación se presenta la descripción general de las cuencas identificadas en el área de influencia, de acuerdo con la información registrada en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas respectivos y en los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los municipios del área de interés.

5.1.5.4.3.1 Área hidrográfica Magdalena-Cauca (2)

Es este el sistema fluvial de mayor importancia en Colombia, no sólo por su gran extensión, sino también y, especialmente, por la riqueza económica de las tierras que comprende. Su longitud total, desarrollada de sur a norte, entre las cordilleras Central y Oriental, es de 1,558 km, de los cuales son navegables 1,290 Km, interrumpidos en el salto de Honda.

El Magdalena es el río interandino de mayor extensión en Suramérica, arrojando al mar 8,000 m³/seg. Su cuenca tiene una extensión de 256,622 km², y recibe las aguas de cerca de 500 afluentes por ambas orillas, así como, más de 5000 arroyos y quebradas. Sirve de lazo de unión entre los diversos pueblos de los territorios que recorre, desde su nacimiento en la laguna de la Magdalena, en el páramo de las Papas (Macizo Colombiano) a 3685 m de altura, hasta su desembocadura, en las Bocas de Ceniza en el mar Caribe.



Por su parte, el río Cauca es el más importante entre los muchos afluentes del Magdalena, el Cauca nace también en el Macizo Colombiano, corre entre las cordilleras Central y Occidental y tributa sus aguas en el Magdalena, a la altura del departamento de Bolívar, después de regar una hoya hidrográfica cercana a los 63,300 km² de superficie, en la cual se destaca su parte media como una de las zonas más fértiles del país.

5.1.5.4.3.1.1 Zona hidrográfica Río Cauca (26)

El río Cauca, nace en el Macizo Colombiano, al sur del país, cerca al Páramo de Sotará, en la laguna del Buey, ubicada en el departamento del Cauca. Posee una dirección general sur – norte y tiene una longitud de 1350 km, de los cuales son navegables un poco más de 620 km y desemboca al Magdalena, en el departamento de Bolívar, constituyéndose en su principal afluente. Su caudal medio es de 2400 m³/s.

La cuenca del río Cauca, suele dividirse en tres sectores con características geomorfológicas diferentes: Cauca Superior, Cauca Medio y Bajo Cauca; la zona de interés del proyecto se localiza en el denominado Cauca Medio, el cual abarca desde la desembocadura del río Cañaveral hasta arriba de la confluencia con el río Nechí con un área aproximada de 21,300 km².

El río Cauca atraviesa el departamento de Antioquia de sur a norte por su parte central, conformando un estrecho valle al cual convergen afluentes de la vertiente oriental de la

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

cordillera occidental y de la vertiente occidental de la cordillera central. Sus tributarios principales con los ríos San Juan, Caramanta, Arma, Ituango, Tarazá, Man y Nechí. La cuenca del Cauca cubre un 46% del departamento, ocupando un área aproximada de 15810 km²; su recorrido en la mayor parte del territorio, se manifiesta como un cañón profundo con ligeros ensanchamientos en las regiones de La Pintada y Santa Fe de Antioquia, éstos se constituyen en los límites sur y norte de la Gran Región Metropolitana. El grado diferente de dureza de los materiales por donde atraviesa el río, ha dado lugar a que se presenten sectores más estrechos que otros; adicionalmente la velocidad de excavación de su valle ha sido mayor que la de sus tributarios, como se deduce de las grandes diferencias de nivel que deben salvar en sus cortos recorridos desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Fotografía 5-116. Margen izquierda del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Fotografía 5-117. Panorámica del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

5.1.5.4.3.1.1.1 Subcuenca río Aurrá

La cuenca del río Aurrá se encuentra al noroccidente del departamento, en jurisdicción de los municipios de Bello, San Pedro de los Milagros, San Jerónimo, Sopetrán y Medellín.

El río Aurrá nace en lo alto de la cordillera de Ovejas, al suroeste del municipio de San Pedro de los Milagros, en límites con Bello, a una altura aproximada de 3.000 msnm; corre en la parte alta de suroeste a nordeste, casi paralelo a la vía San Pedro–Medellín, y luego continúa al occidente formando el límite de las veredas Llano de Ovejas, parte de La Cuchilla, La Empalizada y La Clarita con Pantanillo; después de recorrer buena parte del municipio de San Jerónimo, desemboca en el río Cauca, en jurisdicción de Sopetrán, a una altura de 450 msnm. El río Aurrá tiene una longitud total de aproximadamente 39.25 km, entre sus afluentes se encuentran corrientes como La Chuchita, La Grande, La Arracachala, La Clara, La Espada, La Muñoz, La Sucia, Los Cedros, San Juana y Tafetanes.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En el municipio de San Jerónimo, cuya área pertenece en gran parte a la cuenca del río Aurrá, este río no es utilizado para abastecer los acueductos de la zona, ya que el río se encañona y está alejado de los centros poblados.

Fotografía 5-118. Panorámica del río Aurrá a la altura del municipio de Sopetrán



Fuente: Google earth, 2016

5.1.5.4.3.1.2 Zona hidrográfica Río Nechí (27)

La cuenca del río Nechí tiene un área aproximada de 14,450 Km² y representa el 5.3% de la superficie total de la cuenca del Río Grande de la Magdalena, la cuenca del río Nechí se ubica en su totalidad dentro del departamento de Antioquia. Esta cuenca conforma una red extensa de tributarios que descienden de la parte más septentrional de la cordillera central, fluyendo hacia el norte para verter sus aguas al río Cauca. Los tributarios más importantes son los ríos Anorí, Porce, Bagre y Pocune.

El río Nechí nace en jurisdicción del municipio de Yarumal, y sirve de límite entre diversos municipios de Antioquia, como Campamento, Angostura, Anorí, Yarumal, Valdivia, Tarazá, Cáceres, Zaragoza, El Bagre, Caucasia y Nechí.

En el río Nechí desembocan ríos como el Dolores-Pajarito, Tenche-Concepción, San José, Anorí, Tigüí, Amacerí y Cacerí; además del río Porce, que es su principal tributario, el cual nace de la confluencia del río Medellín con el río Grande que viene del norte antioqueño.

La cuenca del río Nechí hace parte de la red hidrográfica del proyecto dado que el proyecto intercepta la cuenca del río Porce, el cual es uno de los tributarios del río Nechí.

5.1.5.4.3.1.2.1 Subzona hidrográfica Río Porce

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

El río Porce es un tributario del río Nechi (cuenca del río Cauca), nace en el alto de San Miguel a 2660 m.s.n.m., al sur de la ciudad de Medellín con el nombre de río Aburrá o Medellín, desciende atravesando la parte central del departamento de Antioquia en dirección noreste, en el punto Puente Gabino, se une con el río Grande y cambia su nombre a río Porce; en su recorrido cruza el territorio del municipio de Barbosa y demarca límites de los municipios de Don Matías Santa Rosa, Santo Domingo y Yolombó, después de un recorrido de 232 kilómetros finalmente desemboca en el río Nechí.

El tramo comprendido entre el nacimiento del río Aburrá/Medellín, hasta el sitio Puente Gabino, cuenta con un plan de ordenación y manejo de cuenca independiente, en el cual se indica que la cuenca tiene una longitud aproximada de 104 km y un área estimada de 1251 km², su forma es alargada y la red de drenaje es dendrítica; atraviesa diez municipios y limita al sur con los Altos de Chamuscado y San Miguel, al norte con el río Grande (margen occidental), y el municipio de Yolombó (margen oriental), limita por el occidente con los municipios de Amagá, Angelópolis, Heliconia, Ebéjico, San Pedro, Don Matías y por el oriente con los municipios de Montebello, El Retiro, Rionegro, Guarne, San Vicente, Concepción y Santo Domingo.

El río Medellín conforma un valle estrecho de probable naturaleza tectónica y atraviesa el altiplano del oriente antioqueño en dirección noreste. Posee gran importancia porque en el valle de Aburrá está localizada la ciudad de Medellín, capital departamental.



Fotografía 5-119. Río Aburrá/Medellín a la altura de la ciudad de Medellín



Fuente: Google earth, 2016

5.1.5.4.4 Patrones de Drenaje - Régimen Hidrológico - Caudales Característicos

La red hidrográfica en la zona de estudio presenta un patrón de drenaje dendrítico, con dominio de los sistemas lóticos como se puede observar en la Figura 5-79. Se destaca en la red hidrográfica, los sistemas quebrada Guaracú - río Aurrá, quebrada La Sucia –

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

quebrada Seca, pertenecientes a la suzona hidrográfica Cauca y el sistema quebrada Iguaná – río Medellín, que hace parte de la subszona Nechí. En la zona de interés, los grandes aportes al sistema hídrico provienen de la precipitación y la escorrentía superficial, indicando que el caudal varía en función de los períodos lluviosos.

5.1.5.4.4.1 Caudales Maximos

Los caudales de un río son completamente aleatorios, dependen de ciertos factores tales como precipitación, geología, vegetación, topografía, temperatura, entre otros. Sin embargo los factores que tienen una mayor influencia son las precipitaciones y las condiciones geológicas.

Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística.

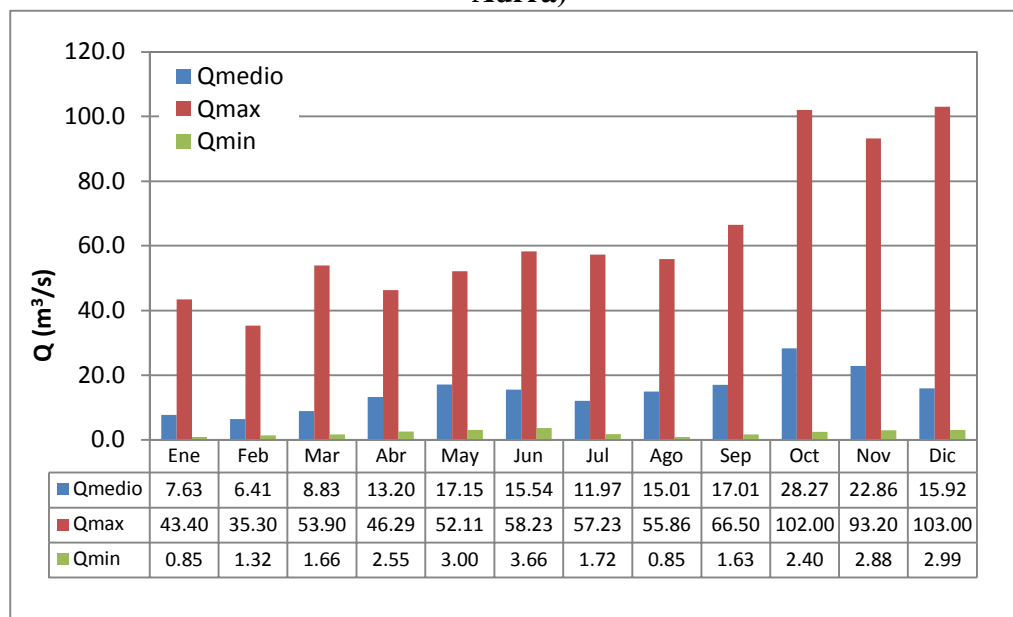
La información de caudales máximos anuales de cada estación fue procesada y ajustada mediante software a funciones probabilísticas.

A continuación se presenta, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores máximos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM o EPM.

5.1.5.4.4.1.1 Estación Penalta (Río Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal máximo medio anual de $14.98 \text{ m}^3/\text{s}$, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de $0.85 \text{ m}^3/\text{s}$ y máximo de $103 \text{ m}^3/\text{s}$. (Ver Figura 5-80).

Figura 5-80. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.4.1.1 Análisis de Frecuencia

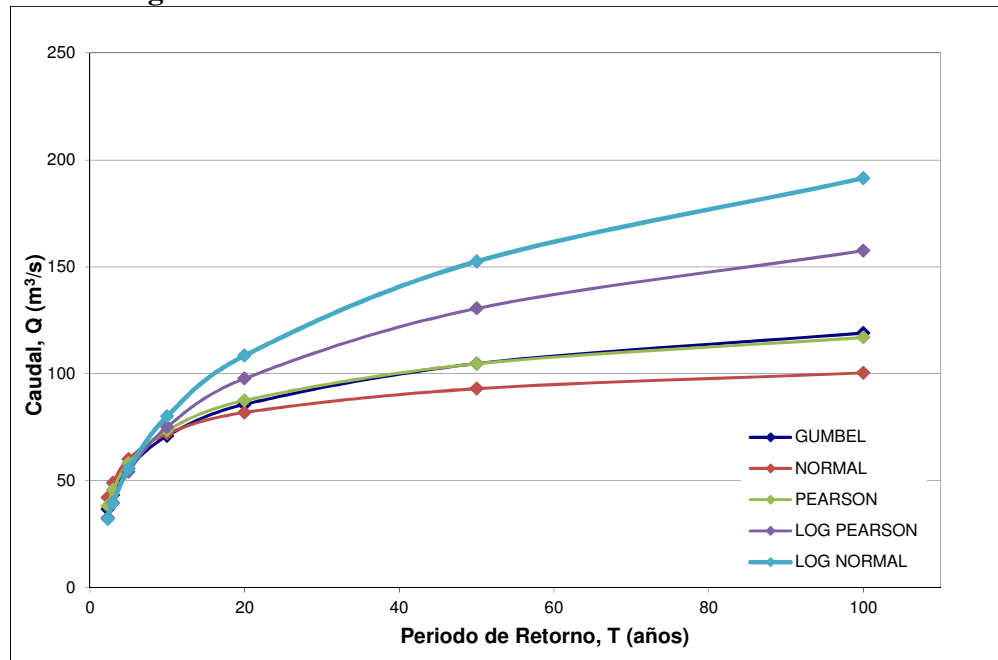
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Penalta en el río Aurrá indica 36.71m³/s para un periodo de retorno de 2.33 años, y 119.08 m³/s para 100 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 5-37 y en la Figura 5-81.

Tabla 5-37. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Penalta

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
2.3	36.71	42.12	38.33	32.59	31.98	36.71
3	43.35	48.97	45.74	39.75	39.46	43.35
5	55.59	60.13	58.26	54.19	55.57	55.59
10	70.95	72.08	73.61	75.16	80.18	70.95
20	85.70	81.94	87.57	97.80	108.53	85.70
50	104.78	93.04	104.71	130.56	152.56	104.78
100	119.08	100.44	116.99	157.58	191.44	119.08
PRUEBA CHI	16.55	37.41	31.68	23.09	20.64	16.55
CUADRADO	0.011	0.000	0.000	0.000	0.002	0.01

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-81 Análisis Caudales Máximos Estación Penalta



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.4.1.2 Caudales máximos cuencas menores hasta sitio de cruce

A fin de calcular caudales máximos para diferentes periodos de retorno, se utiliza la metodología del hidrograma unitario recomendada por “The Soil Conservation Service. SCS” para cuencas mayores a 2.50 km² y el método racional para cuencas con superficies menores a este valor.

Estos modelos lluvia – escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en las cuencas hidrográficas, y son modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.



➤ Parámetros Morfométricos

Para las cuencas en estudio se han evaluado los parámetros de: pendiente media y tiempo de concentración, según la siguiente metodología:

- **Pendiente media del cauce (S)**

Es la variación de inclinación del cauce. Determina la velocidad de escurrimiento del agua. A mayor pendiente, mayor velocidad.

La pendiente media del cauce se realizó por el método de Taylor - Schwarz, que ajusta una

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

rasante al perfil de la corriente.

$$S = \left[\frac{L_t}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Donde:

- Lt: Longitud total del cauce principal en (Km)
- Li: Longitud en que se divide el cauce principal (Km)
- Si: Pendiente de cada uno de los tramos

- **Tiempo de concentración (Tc)**

Tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Las expresiones más utilizadas son las de:

- Kirpich

$$T_c = 0.06628 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Desarrollada a partir de información del SCS, recomendada para cuencas rurales en zonas montañosas.

- Temez

$$T_c = 0.30 \cdot \frac{L^{0.75}}{S^{0.19}}$$



- U.S. Corps of Engineers

$$T_c = 0.0882 \cdot \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- Chow

$$T_c = 0.0197 \cdot \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

L: Longitud total del cauce principal en (Km)
S: Pendiente Promedio en (m/m)
Tc: Tiempo de Concentración en (min)

➤ Cálculo de caudales para cuencas menores mediante el método racional

Este método estima el caudal en función de la intensidad de la precipitación, el área de drenaje y el coeficiente de escorrentía, mediante la fórmula:

$$Q=0.278C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad de lluvia de duración igual al Tc de la cuenca (mm/hr)
A: Superficie de la subcuenca en proyección horizontal (Km²)

➤ Método del Hidrograma unitario del SCS



Este método de cálculo de la escorrentía máxima, utiliza como información básica, el área de drenaje, la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce, la precipitación bruta caída en la cuenca en estudio, su duración y el valor característico del suelo CN, de acuerdo con la clasificación definida por el U.S. S.C.S. Para cuencas sin medición de caudales y con áreas mayores a 2.5 km², se empleó el método del hidrograma unitario de SCS.

En esencia se pretende determinar un caudal pico específico o por unidad de lluvia neta qp en (m³/s-cm de lluvia neta). Para este fin, se utilizó la metodología del Hidrograma Unitario, el cual, a través de un proceso lineal como lo es la convolución, se hace la transformación de lluvia efectiva a escorrentía directa por el cauce. Uno de los métodos más utilizados para cuencas con tamaños similares a la de los ríos de la zona del proyecto, es el Método Triangular, desarrollado por el SCS de los Estados Unidos.

Se utilizó el hidrograma triangular desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service que a partir de su forma se obtiene las siguientes relaciones:

$$T_c = L^{0.77} S^{-0.385}$$

L: Longitud del cauce principal desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km
S: Pendiente promedio del cauce, en m/m
Tp: Tiempo al pico, se mide desde el comienzo del hidrograma unitario en horas y está dado por la siguiente expresión:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c$$

Donde D es el exceso de precipitación unitaria en horas y Tc es el tiempo de concentración en horas

Ahora:

Qp: Caudal unitario máximo en m³/s y está dado por la expresión:

$$Q_p = 0.2083A \frac{E}{T_p}$$

Donde:

A: Área de la cuenca en Km²

E: Esguerrimiento medio en mm

Tp: Tiempo al pico en horas

De la misma manera:

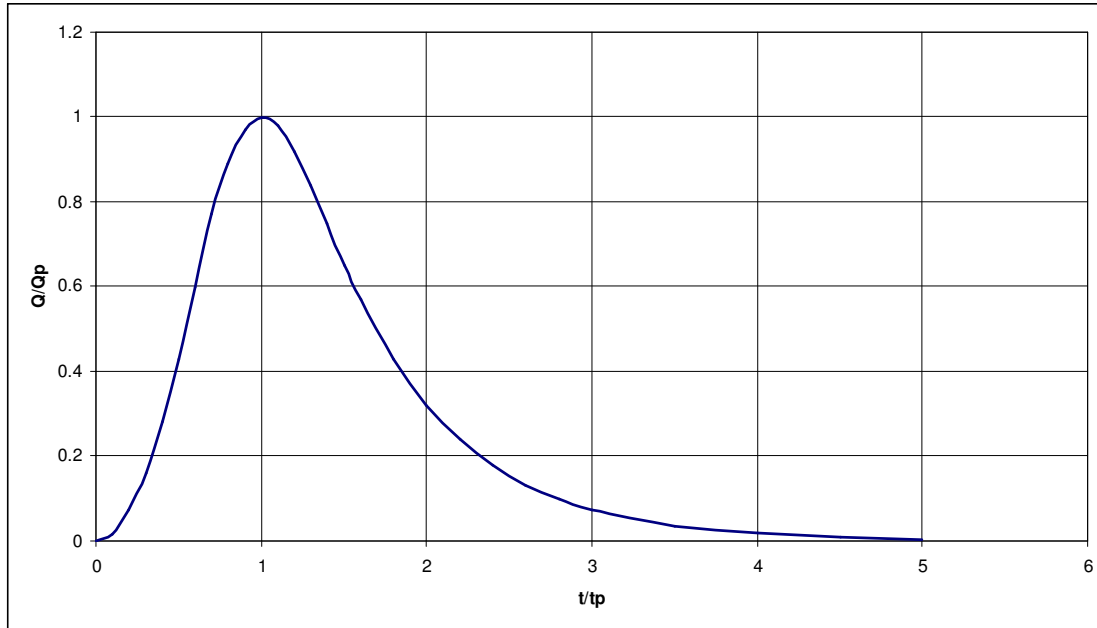
$$T_b = \frac{8}{3} T_p$$

Para convertir el hidrograma unitario triangular en curvilíneo se utilizó el hidrograma unitario adimensional desarrollado por el U. S. Soil Conservation Service (Ver Figura 5-82).

Ahora, para la determinación del hietograma sintético de la lluvia de diseño o sea la distribución de la profundidad de la lluvia en el tiempo. Se obtuvieron las profundidades totales para diferentes períodos de retorno en las estaciones más representativas de los sitios de interés.

En el presente estudio se obtuvo el valor de la profundidad de la lluvia para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años, a partir de los análisis de precipitación realizados para las estaciones de registro de lluvias de la zona.

Figura 5-82 Hidrograma Unitario Adimensional del U.S.S.C.S.



Fuente: Ven te Chow, 1994

La precipitación efectiva (P_e), fue estimada utilizando el método del Soil Conservation Service de los EEUU, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{5080}{CN} + 50.8 \right)^2}{P + \frac{20320}{CN} - 203.2}$$

Donde:

P_e : precipitación efectiva en mm.
 P : precipitación de tormenta de diseño en mm.
 CN : número de curva.

La determinación del número de curva de las cuencas se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de las cuencas.

➤ Resultados Caudales máximos

Con base en datos de precipitación efectiva, tiempo de concentración y área aferente de las cuencas, se calcularon los caudales máximos en condiciones de lluvia asociadas a diferentes periodos de retorno (Ver Tabla 5-38 y Tabla 5-39).

Tabla 5-38 Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método Racional

Id	Nombre	Área	Longitud de Cauce	Cota Superior	Cota Inferior	Dif. de altura	So	Tc Ec. U.S. Corps Engineers		Caudales a diferentes periodos de retorno (m3/s)					
		(Km2)	(m)	msnm	msnm	(m)	(%)	horas	min	2.33	5	10	25	50	100
1	Quebrada El Uvito	0.8521	1984	2522	1938	584	29.42	0.59	35.68	8.66	10.01	11.41	13.59	15.50	17.68
2	Quebrada La Tenche	1.4398	2606	2781	1959	822	31.53	0.72	43.32	12.89	14.90	17.00	20.23	23.08	26.33
3	Quebrada La Culebra	2.0197	2470	2657	2025	632	25.59	0.72	43.27	18.10	20.92	23.86	28.40	32.40	36.96
4	Quebrada La Frisola	0.3893	725	2696	2401	295	40.69	0.26	15.61	6.77	7.83	8.93	10.62	12.12	13.82
5	Quebrada La Frisola2	0.5287	1127	2665	2025	640	56.78	0.34	20.49	7.70	8.90	10.16	12.09	13.79	15.73
6	Quebrada La Valencia	0.6976	1963	2809	2007	802	40.85	0.55	33.25	7.42	8.58	9.78	11.64	13.28	15.15
10	Quebrada La Fonda	0.3955	685	2004	1637	367	53.57	0.25	15.00	7.06	8.16	9.31	11.08	12.63	14.41
9	Quebrada La Causala	0.7012	1736	2430	1700	730	42.08	0.50	30.11	7.95	9.19	10.49	12.48	14.24	16.24
11	Quebrada La Potrera	1.1668	1536	2307	1462	845	55.03	0.43	26.08	14.53	16.80	19.16	22.80	26.01	29.68
13	Quebrada San Juana	1.3799	2033	1958	1209	749	36.83	0.58	34.83	14.24	16.46	18.78	22.35	25.49	29.08
14	Sin nombre 1(MD)	1.1441	2696	1911	1155	756	28.04	0.76	45.46	9.93	11.48	13.09	15.58	17.78	20.28
15	Sin nombre 2 (MD)	0.2176	613	1327	1127	200	32.64	0.25	15.00	3.88	4.49	5.12	6.09	6.95	7.93
16	Sin nombre 3 (MD)	0.2995	1247	1296	1079	218	17.45	0.46	27.69	3.59	4.15	4.73	5.63	6.42	7.33
18	Sin nombre 4 (MI)	0.1784	683	1423	1026	397	58.13	0.25	15.00	3.18	3.68	4.20	5.00	5.70	6.50
19	Sin nombre 5 (MI)	0.2192	503	1511	1017	494	98.17	0.25	15.00	3.91	4.52	5.16	6.14	7.00	7.99
20	Sin nombre 6 (MI)	0.3388	892	1492	976	516	57.85	0.28	17.09	5.55	6.42	7.32	8.72	9.94	11.34
21	Cañada El Aguacate	0.6624	1497	1482	895	587	39.20	0.45	27.28	8.01	9.26	10.56	12.57	14.34	16.36
22	Sin nombre (MI)	0.6017	1573	1414	853	561	35.67	0.48	28.83	7.02	8.12	9.26	11.02	12.57	14.34

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Tabla 5-39 Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método SCS

ID	Cuenca	Características de la Cuenca						Tc		T	Tpico	P neta (mm)				
		Área	Longitud de Cauce	Cota Mayor	Cota Menor	Dif. de altura	Pendiente media	Kirpich		retardo		2.33	5	20	50	100
		(Km2)	(Km)	(m)	(m)	(m)	(%)	(horas)	(min)	(horas)	(horas)					
7	Quebrada La Frisola3	11.48	6.62	3,108	1,860	1,248	18.87	0.54	32.38	0.32	0.82	31.82	36.79	49.94	56.97	64.99
8	Quebrada La Volcana	12.21	3.97	3,117	1,758	1,359	34.27	0.29	17.35	0.17	0.67	44.10	50.99	69.23	78.97	90.08
12	Quebrada Miserenga	8.32	5.50	3,075	1,456	1,619	29.44	0.39	23.66	0.24	0.74	36.83	42.58	57.81	65.95	75.23
17	Quebrada San Juana 2	5.12	2.70	1,496	1,048	449	16.64	0.84	50.19	0.50	1.00	48.82	56.44	76.62	87.41	99.71
23	Quebrada Guaracú	18.94	9.73	2,834	806	2,028	20.85	0.70	41.92	0.42	0.92	26.63	30.79	41.80	47.69	54.40
24	Quebrada Guaracú 2	21.66	13.37	2,834	662	2,171	16.24	0.98	58.95	0.59	1.09	22.07	25.52	34.64	39.52	45.08

ID	Cuenca	Área	S (mm)	P efectiva (mm)					Qpico (m3/s/m m)	Caudales (m3/s)				
				2.33	5	20	50	100		2.33	5	20	50	100
		(Km2)												
7	Quebrada La Frisola3	11.48	108.8571	0.85	1.82	5.79	8.60	12.28	2.90	2.46	5.28	16.79	24.93	35.60
8	Quebrada La Volcana	12.21	108.8571	3.80	6.18	14.41	19.70	26.34	3.77	14.34	23.32	54.33	74.31	99.34
12	Quebrada Miserenga	8.32	108.8571	1.83	3.34	8.96	12.75	17.61	2.35	4.30	7.85	21.06	29.96	41.36
17	Quebrada San Juana 2	5.12	108.8571	5.38	8.37	18.38	24.69	32.52	1.06	5.72	8.90	19.53	26.24	34.56
23	Quebrada Guaracú	18.94	169.3333	0.32	0.06	0.36	1.04	2.22	4.28	1.38	0.24	1.52	4.47	9.51
24	Quebrada Guaracú 2	21.66	169.3333	0.88	0.43	0.00	0.18	0.70	4.14	3.65	1.79	0.01	0.75	2.88

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2 Caudales Medios

En este numeral se presenta la información de cada estación hidrométrica correspondiente a los valores medios mensuales de caudales reportados por el IDEAM, además de las curvas de duración de caudales respectivas.

5.1.5.4.4.2.1 Curva de Duración de Caudales (CDC)

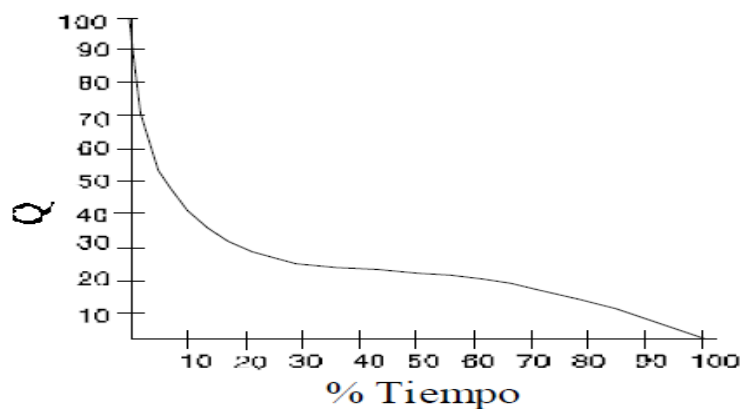
La curva de duración (CDC) es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q , como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q , es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P , del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva. Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P , de cualquier descarga (o valor de clase), Q es:

$$P = N/m$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la **Figura 5- 5-83**.

Figura 5- 5-83 Curva de duración de Caudales de corrientes

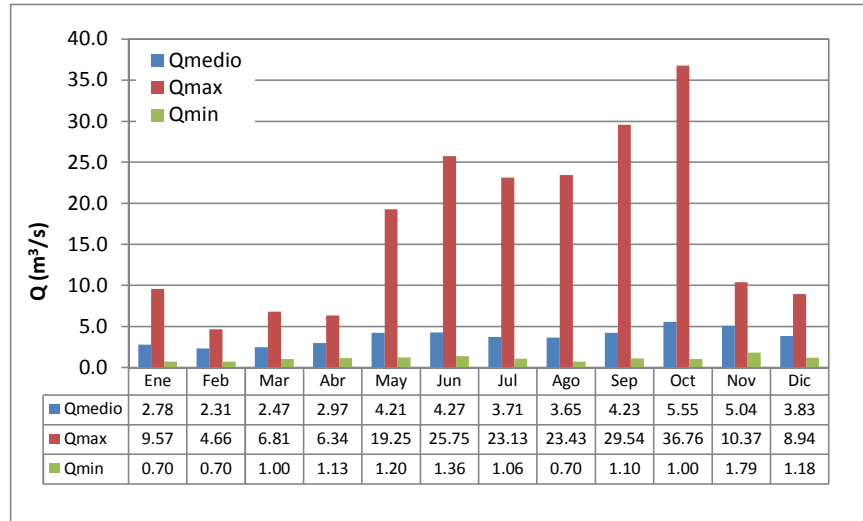


Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

5.1.5.4.4.2.2 Estación Penalta (Río Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal medio anual de $3.75 \text{ m}^3/\text{s}$, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$ y máximo de $36.76 \text{ m}^3/\text{s}$. (Ver Figura 5-84).

Figura 5-84. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá)

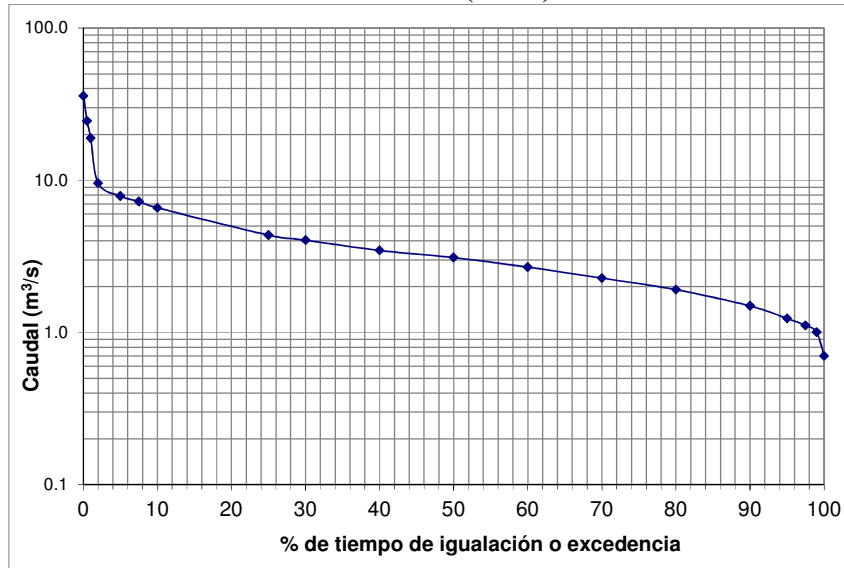


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Curva de duración de caudales

En la Figura 5-85 se presenta la CDC para el río Aurrá en la estación de registro respectiva.

Figura 5-85 Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Aurrá – Estación Penalta



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Aurrá a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 5-40.

Tabla 5-40 Caudales característicos (m³/s) en la cuenca del río Aurrá– Estación Penalta

Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m³/s Estación Penalta (Río Aurrá)
1	9.75
5	8.02
10	6.85
25	4.35
50	3.00
75	1.95
90	1.47
95	1.21
97.5	1.10
100	1.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2.3 Caudales medios cuencas menores hasta sitio de cruce

Siguiendo la metodología del balance hídrico de Thorntwaite, a nivel de discretización

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

mensual (Largo Plazo), y teniendo en cuenta los valores de precipitación y los valores de evapotranspiración potencial, se calculó tanto la reserva de humedad del suelo como el déficit y el excedente de la misma humedad, teniendo en cuenta una capacidad de almacenamiento de humedad del suelo de 100 mm.

Thornthwaite propuso que el 50 % del excedente de agua de un mes específico se escurre hacia los ríos durante el mes de cuestión y el resto se infiltra hacia las capas profunda. De esta manera la escorrentía superficial en (mm) mes a mes se estima a partir de la siguiente expresión:

$$Escorr_{(i)} = 0.5 \times [Escorr_{(i-1)} + Exc_{(i)}]$$

Dónde:

$Escorr_{(i)}$: escorrentía del mes (i), mm

$Escorr_{(-1i)}$: escorrentía del mes (i-1), mm

$Exc_{(i)}$: Es el agua que excede de la reserva máxima, mm.

De acuerdo con el análisis climatológico, la estación con mayor influencia en la zona de estudio es la estación Cañafisto. Los resultados del balance hídrico se muestran en la Tabla 5-41 y en la Figura 5-86.

Tabla 5-41. Balance Hídrico a nivel mensual de largo plazo – estación Cañafisto

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P (mm)	30.70	48.40	66.20	105.90	149.20	111.80	101.50	89.20	154.20	167.10	98.70	46.10	1169.00
T (°c)	28.20	28.90	28.90	28.20	26.90	27.00	27.40	27.80	26.90	26.40	26.40	26.90	27.49
ETP (mm)	169.81	170.96	191.64	170.36	147.11	145.94	160.40	168.97	141.01	132.93	126.78	140.13	1866.05
P - ETP (mm)	-139.11	-122.56	-125.44	-64.46	2.09	-34.14	-58.90	-79.77	13.19	34.17	-28.08	-94.03	-697.05
RHS (mm)	3.63	1.07	0.30	0.16	2.25	1.60	0.89	0.40	13.59	47.76	36.07	14.08	121.79
VR	-10.96	-2.56	-0.76	-0.14	2.09	-0.65	-0.71	-0.49	13.19	34.17	-11.69	-21.98	
ETR	41.66	50.96	66.96	106.04	147.11	112.45	102.21	89.69	141.01	132.93	110.39	68.08	1169.51
Déficit (mm)	128.14	120.00	124.68	64.32	0.00	33.49	58.19	79.28	0.00	0.00	16.39	72.05	696.54
Exc. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escorr. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Balance Hídrico Mensual

Gráfico de área mostrando o Balance Hídrico Mensual em mm. O eixo Y varia de 0 a -140 mm. O eixo X mostra os meses de ENE a DIC. A área vermelha representa DEF(-1) e a área azul representa EXC.

Mês	DEF(-1) (mm)	EXC (mm)
ENE	-125	0
FEB	-120	0
MAR	-125	0
ABR	-80	0
MAY	-10	0
JUN	-30	0
JUL	-60	0
AGO	-80	0
SEP	-10	0
OCT	0	0
NOV	-15	0
DIC	-70	0

298



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-42. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de cruce (m³/s)

Area (Km ²)	Caudal Medio (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio
2.0197	0.029	0.024	0.026	0.031	0.044	0.045	0.039	0.038	0.044	0.058	0.053	0.040	0.039
11.4783	0.166	0.138	0.148	0.178	0.251	0.255	0.222	0.218	0.253	0.332	0.301	0.229	0.224
12.2125	0.177	0.147	0.157	0.189	0.267	0.271	0.236	0.232	0.269	0.353	0.321	0.243	0.239
8.3198	0.120	0.100	0.107	0.129	0.182	0.185	0.161	0.158	0.183	0.241	0.218	0.166	0.163
1.3799	0.020	0.017	0.018	0.021	0.030	0.031	0.027	0.026	0.030	0.040	0.036	0.028	0.027
5.1198	0.074	0.062	0.066	0.079	0.112	0.114	0.099	0.097	0.113	0.148	0.134	0.102	0.100
18.9355	0.274	0.228	0.243	0.293	0.415	0.421	0.366	0.360	0.417	0.547	0.497	0.377	0.370
21.6604	0.313	0.261	0.278	0.335	0.474	0.481	0.419	0.411	0.477	0.626	0.569	0.432	0.423

na S.A., 2016.

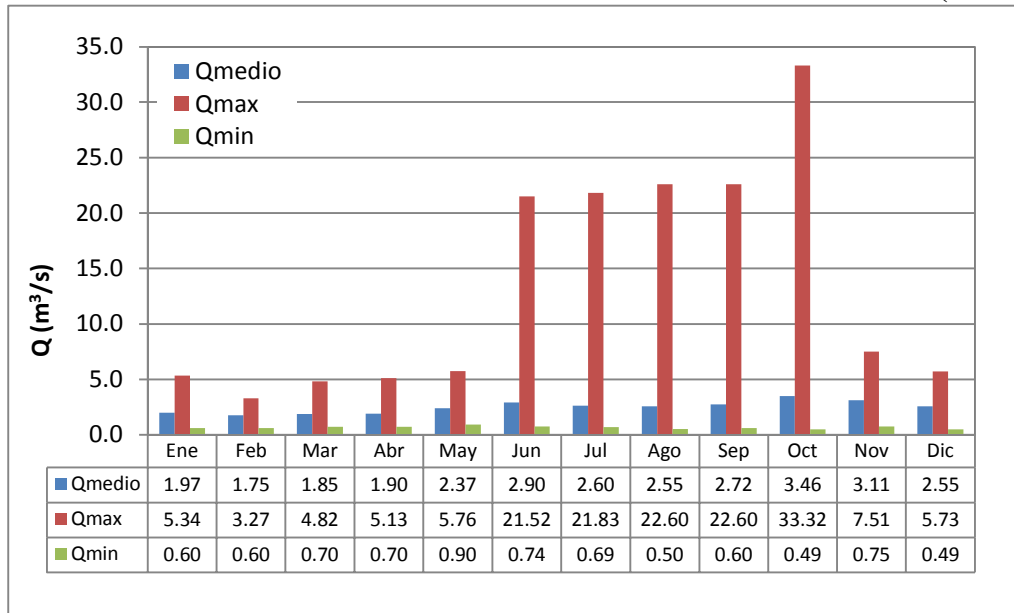
5.1.5.4.4.3 Caudales Mínimos

Se presenta, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores mínimos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM o EPM.

5.1.5.4.4.3.1 Estación Penalta (Río Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal mínimo medio anual de 2.48 m³/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 0.49 m³/s y máximo de 33.32 m³/s. (Ver Figura 5-87).

Figura 5-87. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.4.3.2 Caudales mínimos mensuales de las cuencas menores hasta sitio de cruce

Se calcula el caudal mínimo de las cuencas representativas a partir de rendimientos hídricos de la estación La Penalta sobre el río Aurrá, los resultados se muestran en la Tabla 5-43.

Tabla 5-43 Caudales mínimos estimados en cuencas de sitio de cruce (m³/s)

ID	Nombre	Area (Km²)	Caudal Mínimo (m³/s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mínimo
3	Quebrada La Culebra	2.0197	0.007	0.006	0.006	0.008	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.015	0.013	0.010	0.010
7	Quebrada La Frisola3	11.4783	0.042	0.035	0.037	0.044	0.063	0.064	0.055	0.055	0.063	0.083	0.075	0.057	0.056
8	Quebrada La Volcana	12.2125	0.044	0.037	0.039	0.047	0.067	0.068	0.059	0.058	0.067	0.088	0.080	0.061	0.060
12	Quebrada Miserenga	8.3198	0.030	0.025	0.027	0.032	0.046	0.046	0.040	0.040	0.046	0.060	0.055	0.041	0.041
13	Quebrada San Juana	1.3799	0.005	0.004	0.004	0.005	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.010	0.009	0.007	0.007
17	Quebrada San Juana 2	5.1198	0.019	0.015	0.016	0.020	0.028	0.028	0.025	0.024	0.028	0.037	0.034	0.026	0.025
23	Quebrada Guaracú	18.9355	0.068	0.057	0.061	0.073	0.104	0.105	0.091	0.090	0.104	0.137	0.124	0.094	0.092
24	Quebrada Guaracú 2	21.6604	0.078	0.065	0.070	0.084	0.119	0.120	0.105	0.103	0.119	0.157	0.142	0.108	0.106

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

5.1.5.4.5 Identificación Dinámica Fluvial

Las principales corrientes de la zona son quebrada Guaracú - río Aurrá, quebrada La Sucia – quebrada Seca, pertenecientes a la subzona hidrográfica Cauca y el sistema quebrada Iguaná – río Medellín, que hace parte de la subzona Nechí.

La dinámica fluvial en la mayor parte de la zona de influencia, principalmente en la zona de túnel, corresponde a ríos de montaña y de transición caracterizados por su torrencialidad.

5.1.5.4.5.1 Relación espacial y temporal de las inundaciones

La definición más elemental de inundación es “el evento en el cual el agua ocupa lugares en donde normalmente no está”. Según lo establecido por el IDEAM dentro del Comité Nacional de Conocimiento para la Gestión del Riesgo de Desastres, inundación es la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas. La lluvia es el factor amenazante más importante en la generación de inundaciones. El agua de los ríos proviene en principio de la escorrentía proveniente de la parte alta de la cuenca, la cual depende del relieve, de la vegetación, del uso del suelo y en general de las condiciones en las que se encuentre la cuenca. Además, estos cuerpos de agua se mantienen con s flujos subsuperficiales que a su vez dependen de las condiciones hidrogeológicas y de los niveles freáticos de la zona (Adaptado González, 2014).

Teniendo en cuenta las características de las cuencas y la rapidez con la cual se producen los desbordamientos, las inundaciones se pueden clasificar en:

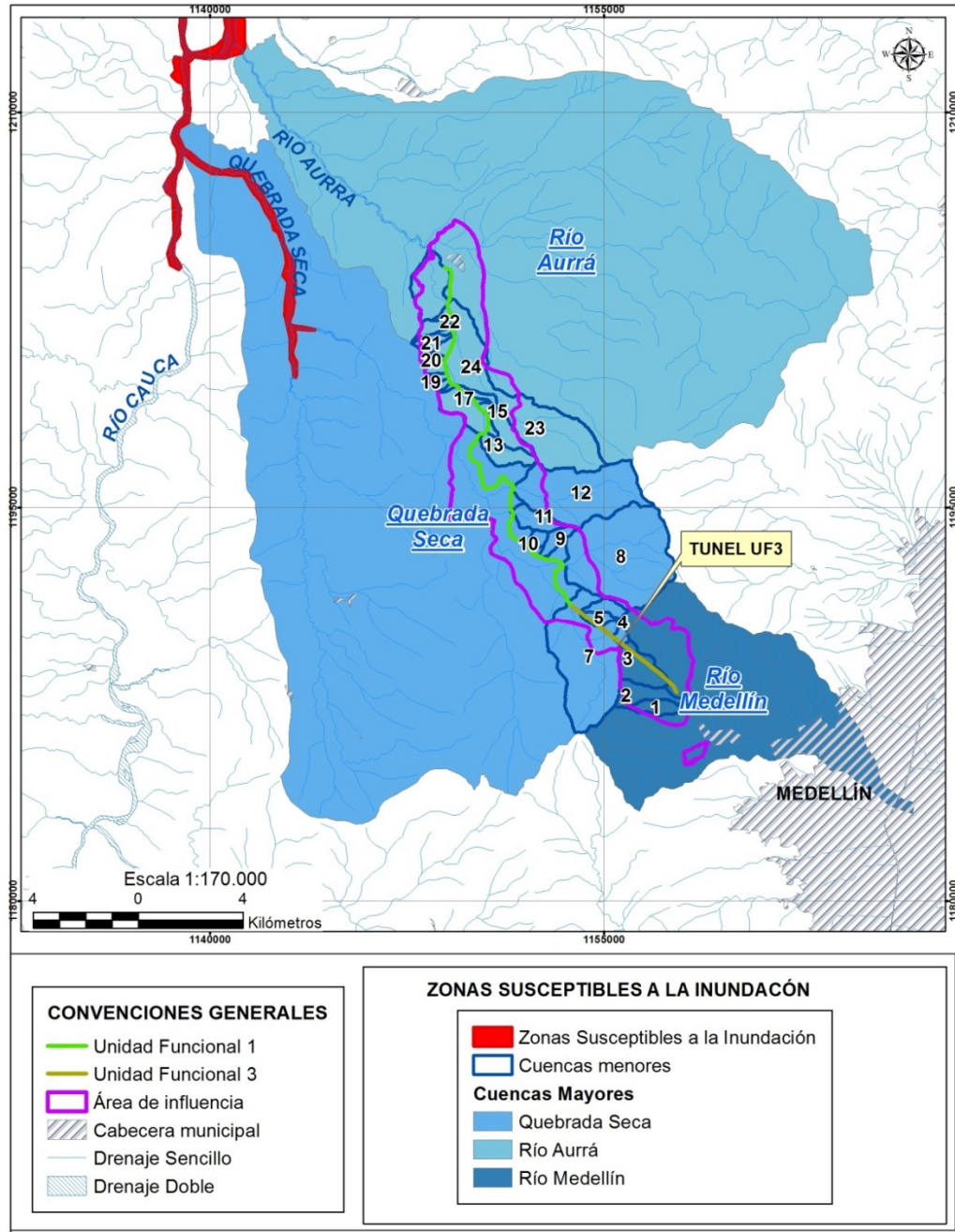
- Inundación rápida (Denominada Avenida Torrencial): Se refiere a crecientes que ocurren de manera repentina debido a la alta pendiente del río o de la quebrada y su cuenca. En ocasiones se produce el arrastre de una gran cantidad de material como detritos (lodos, piedras y árboles). Es característica de ríos de montaña y en transición. El tiempo de reacción ante un evento de esta naturaleza es corto.
- Inundación lenta (Denominada Inundación): Se produce cuando hay un aumento gradual del nivel del río hasta superar su capacidad máxima. El río se sale de su cauce, inundando las áreas planas cercanas al mismo.

5.1.5.4.5.1.1 Inundaciones

La susceptibilidad de inundaciones está íntimamente asociada a relieves bajos con paisajes de planicie aluvial, debido a un predominio de topografía plana, e influenciada por las precipitaciones en el área y en las zonas altas de la región

Para establecer la relación espacio temporal asociada a áreas inundables por la dinámica fluvial de las corrientes, se tuvo en cuenta la cartografía del Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC-, donde se especifican las áreas susceptibles de inundación y las inundadas por el evento meteorológico extraordinario de la Niña 2010-2011. Ver Figura 5-88.

Figura 5-88. Mapa de zonas susceptibles a la inundación (IDEAM, 2012)



Fuente: IDEAM, 2012. Modificado por Consultoría Colombiana, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Los fenómenos de inundación se presentan en zonas bajas, que de acuerdo con la Figura 5-88, corresponden a las cercanas al río Cauca, que se encuentran alejadas del área de influencia. Así, teniendo en cuenta las características morfométricas de las cuencas del área de estudio, éstas presentan pendientes altas a moderadas, por lo que no son susceptibles a eventos de inundación. En el numeral 5.1.11.8, se explica con detalle la metodología para evaluar este tipo de amenazas.

5.1.5.4.5.1.2 Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales que poseen un gran potencial destructivo, dado que transportan volúmenes importantes de sedimentos y escombros. Aunque tienen una ocurrencia relativamente baja son de gran interés para evaluar los riesgos naturales a los que está sometida una determinada zona. Son diversos los factores que influyen en la ocurrencia de las avenidas torrenciales, tales como: topografía, las características y uso del suelo, precipitación, estabilidad del terreno y los sismos.

Una avenida torrencial puede ser considerada además como un fenómeno de erosión en masa que incluye el desprendimiento, transporte y deposición de grandes masas de suelo, por acción del agua. Las masas en movimiento se comportan como un fluido pero su comportamiento es diferente al de los flujos de sedimentos, especialmente debido a la alta concentración de sólidos (Suárez, 2001)

Las avenidas torrenciales son fenómenos muy dañinos debido a su naturaleza impredecible y la rapidez con la que ocurre que da poco espacio para generar alertas a las comunidades.

Teniendo en cuenta las características morfométricas de las cuencas del área de estudio que corresponden a cuencas con áreas pequeñas, de corta longitud y tiempos de concentración pequeños, además del régimen bimodal de precipitaciones, con mayores lluvias en los periodos de Abril-Junio y Septiembre-Noviembre, se evidencia que las cuencas del área de influencia son susceptibles a eventos torrenciales. En el numeral 5.1.11.7, se explica con detalle la metodología para evaluar este tipo de amenazas.

5.1.5.4.6 Características Morfométricas de puntos de interés

Las características de las principales microcuencas del área de estudio denotan cuencas con pendiente media a moderada, de forma oval alargada y que tienden a ser menos susceptibles a crecientes esporádicas en comparación con cuencas achatadas.

En la Tabla 5-44 y Tabla 5-45 se presentan las principales características morfométricas de las cuencas menores que hacen parte del área de estudio del proyecto.

Tabla 5-44. Características morfométricas de las principales cuencas menores

ID	Nombre	Área	Perímetro	Lb	Lmáx	Bmáx	Lc	Li	Cota superior	Cota salida	Pendiente media
		(Km ²)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(m)	(m)	%
1	Quebrada El Uvito	0.852	4.606	1.825	2.282	0.619	1.984	3.567	2521.85	1938.13	37.67
2	Quebrada La Tenche	1.440	6.690	2.397	2.997	1.064	2.606	6.071	2780.85	1959.13	42.69
3	Quebrada La Culebra	2.020	6.312	2.272	2.841	1.187	2.470	8.186	2657.18	2025.13	41.10
4	Quebrada La Frisola	0.389	2.852	0.667	0.834	1.089	0.725	1.535	2696.18	2401.18	42.30
5	Quebrada La Frisola2	0.529	3.359	1.037	1.296	0.544	1.127	2.620	2665.18	2025.18	47.35
6	Quebrada La Valencia	0.698	4.388	1.806	2.258	0.538	1.963	3.213	2809.18	2007.18	49.68
7	Quebrada La Frisola3	11.478	14.735	6.087	7.609	3.105	6.617	53.100	3107.85	1859.58	52.77
10	Quebrada La Fonda	0.396	2.545	0.630	0.788	0.677	0.685	2.137	2003.92	1636.92	41.49
9	Quebrada La Cáusala	0.701	4.025	1.597	1.996	0.626	1.736	2.383	2430.31	1699.92	49.09
11	Quebrada La Potrera	1.167	5.303	1.413	1.767	0.800	1.536	4.665	2307.31	1461.92	45.60
8	Quebrada La Volcana	12.213	14.170	3.649	4.562	3.705	3.967	56.536	3116.94	1757.58	58.52
12	Quebrada Miserenga	8.320	14.054	5.060	6.325	2.134	5.500	38.704	3075.31	1455.92	57.60
13	Quebrada San Juana	1.380	5.822	1.871	2.338	0.815	2.033	8.595	1958.25	1209.25	36.86
14	Sin nombre 1(MD)	1.144	5.822	2.480	3.101	0.800	2.696	6.583	1911.25	1155.25	39.32
15	Sin nombre 2 (MD)	0.218	2.055	0.564	0.705	0.370	0.613	1.374	1327.25	1127.25	35.26
16	Sin nombre 3 (MD)	0.300	3.105	1.147	1.434	0.216	1.247	2.133	1296.25	1078.56	23.63
17	Quebrada San Juana 2	5.120	11.577	2.480	3.101	2.097	2.696	33.760	1496.25	1047.56	40.67
18	Sin nombre 4 (MI)	0.178	1.865	0.628	0.785	0.312	0.683	1.759	1422.56	1025.56	64.24
19	Sin nombre 5 (MI)	0.219	2.126	0.463	0.579	0.336	0.503	1.211	1510.56	1016.56	67.23
20	Sin nombre 6 (MI)	0.339	2.568	0.821	1.026	0.433	0.892	1.673	1491.83	975.84	60.05
21	Cañada El Aguacate	0.662	4.018	1.378	1.722	0.613	1.497	3.442	1481.83	894.84	49.22
22	Sin nombre (MI)	0.602	4.166	1.447	1.809	0.587	1.573	5.088	1413.83	852.84	45.02
23	Quebrada Guaracú	18.935	23.896	8.948	11.185	2.308	9.726	116.409	2833.59	805.84	45.69
24	Quebrada Guaracú 2	21.660	27.644	12.299	15.374	2.308	13.368	133.216	2833.59	662.16	45.65

Donde: Lb: Longitud desde el punto más alejado a la salida
Lc: Longitud del cauce principal

Lmáx: Longitud máxima en sentido del cauce principal
Li: Longitud de drenaje

Tabla 5-45. Principales parámetros morfométricos de las cuencas menores

ID	Nombre	Área	h med	Ancho Promedio	Factor de Forma Kf	Coefficiente de compacidad Kc	Índice de alargamiento Ia	Pendiente	Relación de elongación Re	Coefficiente de masividad Km	Densidad de Drenaje Dd
		(Km²)	(msnm)	(m)				%		m/Km2	(Km/Km2)
1	Quebrada El Uvito	0.852	2229.99	466.81	0.26	1.41	3.68	29.42	0.57	2.62	4.19
2	Quebrada La Tenche	1.440	2369.99	600.54	0.25	1.57	2.82	31.53	0.56	1.65	4.22
3	Quebrada La Culebra	2.020	2341.16	888.76	0.39	1.25	2.39	25.59	0.71	1.16	4.05
4	Quebrada La Frisola	0.389	2548.68	583.68	0.88	1.29	0.77	40.69	1.06	6.55	3.94
5	Quebrada La Frisola2	0.529	2345.18	509.87	0.49	1.30	2.38	56.78	0.79	4.44	4.95
6	Quebrada La Valencia	0.698	2408.18	386.21	0.21	1.48	4.19	40.85	0.52	3.45	4.61
7	Quebrada La Frisola3	11.478	2483.72	1885.62	0.31	1.23	2.45	18.87	0.63	0.22	4.63
10	Quebrada La Fonda	0.396	1820.42	627.60	1.00	1.14	1.16	53.57	1.13	4.60	5.40
9	Quebrada La Cáusala	0.701	2065.12	439.09	0.27	1.36	3.19	42.08	0.59	2.95	3.40
11	Quebrada La Potrera	1.167	1884.62	825.53	0.58	1.38	2.21	55.03	0.86	1.62	4.00
8	Quebrada La Volcana	12.213	2437.26	3346.48	0.92	1.14	1.23	34.27	1.08	0.20	4.63
12	Quebrada Miserenga	8.320	2265.62	1644.22	0.32	1.37	2.96	29.44	0.64	0.27	4.65
13	Quebrada San Juana	1.380	1583.75	737.65	0.39	1.40	2.87	36.83	0.71	1.15	6.23
14	Sin nombre 1 (MD)	1.144	1533.25	461.26	0.19	1.53	3.87	28.04	0.49	1.34	5.75
15	Sin nombre 2 (MD)	0.218	1227.25	386.03	0.68	1.24	1.91	32.64	0.93	5.64	6.31
16	Sin nombre 3 (MD)	0.300	1187.40	261.03	0.23	1.60	6.63	17.45	0.54	3.96	7.12
17	Quebrada San Juana 2	5.120	1271.90	2064.03	0.83	1.44	1.48	16.64	1.03	0.25	6.59
18	Sin nombre 4 (MI)	0.178	1224.06	283.98	0.45	1.24	2.51	58.13	0.76	6.86	9.86
19	Sin nombre 5 (MI)	0.219	1263.56	473.43	1.02	1.28	1.72	98.17	1.14	5.77	5.52
20	Sin nombre 6 (MI)	0.339	1233.83	412.91	0.50	1.24	2.37	57.85	0.80	3.64	4.94
21	Cañada El Aguacate	0.662	1188.33	480.85	0.35	1.39	2.81	39.20	0.67	1.79	5.20
22	Sin nombre (MI)	0.602	1133.33	415.85	0.29	1.51	3.08	35.67	0.60	1.88	8.46
23	Quebrada Guaracú	18.935	1819.71	2116.22	0.24	1.55	4.85	20.85	0.55	0.10	6.15
24	Quebrada Guaracú 2	21.660	1747.88	1761.17	0.14	1.68	6.66	16.24	0.43	0.08	6.15

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.5 Tramos en Túnel

5.1.5.5.1 Inventario detallado de las fuentes hídricas en el área de influencia

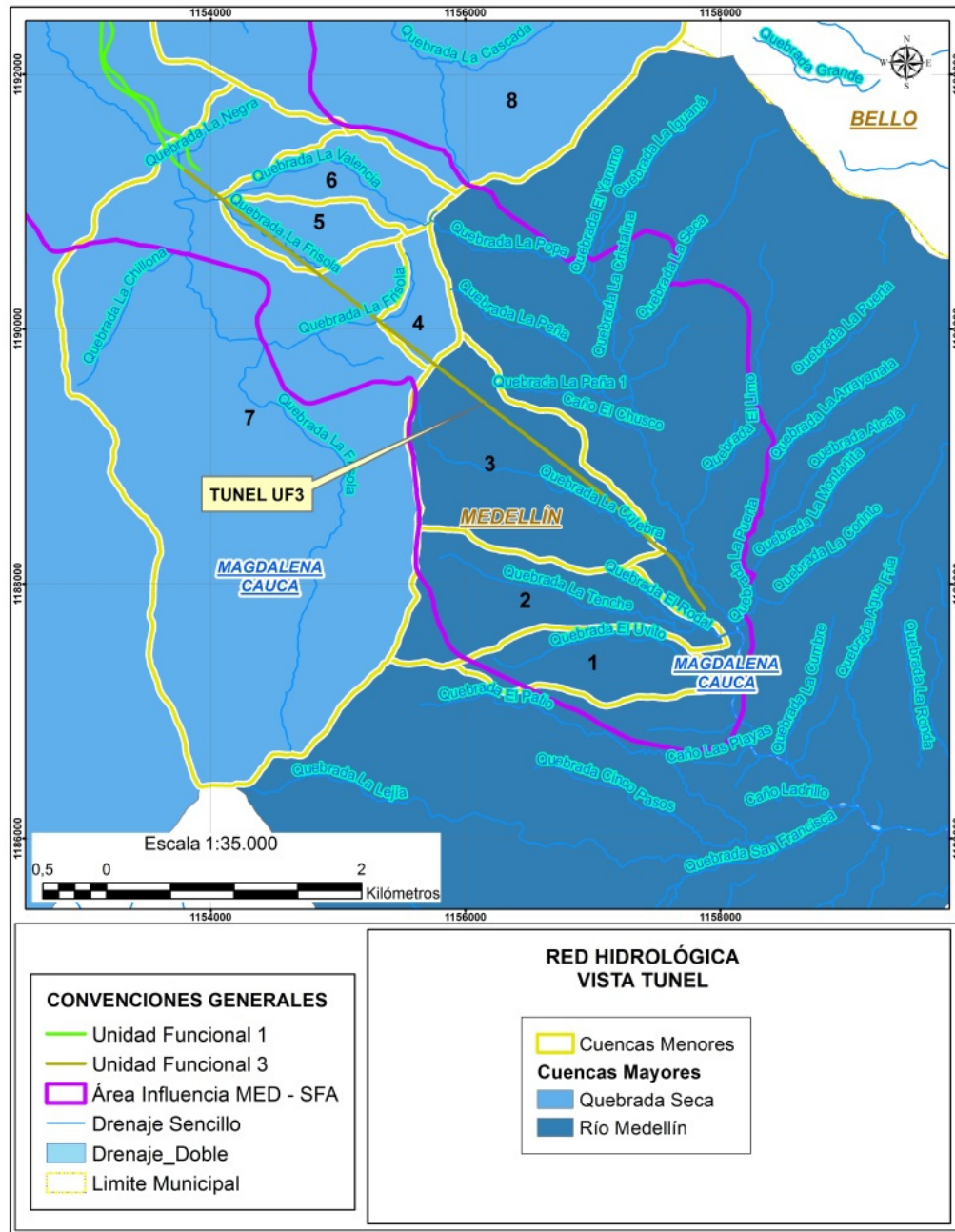
La red de drenaje sobre la que se encuentra el trazado de la construcción del segundo túnel de Occidente pertenece a la denominada área hidrográfica 2. Magdalena-Cauca, en las Zonas Hidrográficas 26. Cauca y 27. Nechí. El detalle de la clasificación de cuencas para este tramo (UF3) se presenta en la Tabla 5-46 y en la Figura 5-89.

Tabla 5-46. Red hidrográfica sector segundo Túnel de Occidente

Cód. IDEA M	Área Hidrográfica Orden I	Cód. IDEAM	Zona Hidrográfica Orden 2	Cód. IDEAM	Subzona Hidrográfica Orden 3	Subcuenca Orden 4
2	Magdalena - Cauca	26	Río Cauca	2620	Directos Río Cauca (md)	Quebrada Seca
		27	Río Nechí	2701	Río Porce	Afluentes Directos

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. –IGAC–, Decreto 1640 de 2012 y Estudio Nacional del Agua. 2014.

Figura 5-89. Localización red hidrográfica sector segundo Túnel de Occidente



Fuente: IGAC, planchas topográficas. Escala 1:100.000; Consultoría Colombiana S.A, 2016.

En cuanto al área de cada una de las cuencas y con relación a la zona de influencia del presente proyecto se presentó anteriormente la información correspondiente, igualmente, la descripción de las cuencas se incluyó en el numeral 5.1.5.4.3 Descripción y Localización de red hidrográfica.





	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	





A continuación se presenta la identificación de los cuerpos de agua (lenticos y loticos) en el sector donde se proyecta la construcción del segundo túnel de occidente que forma parte del proyecto vial; la identificación se efectuó a partir de la cartografía IGAC escala 1:25000 y 1:10.000 (Ver plano DVM-TSJ-AMB-CONCOL-047), y recorridos de campo, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lotico, que de acuerdo a la clasificación de Horton - Strahler son de orden entre 1 a 4


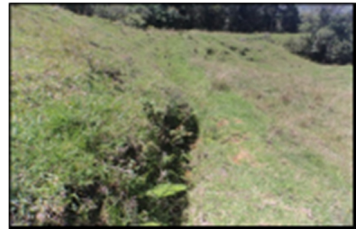

5.1.5.5.1.1 Sistemas lóticos





En la Tabla 5-47 se presenta la información de los cuerpos de agua loticos identificados en la zona de influencia del proyecto, se resalta que estos cuerpos de agua no serán objeto de cruce por el trazado dado que corresponde al sector del segundo túnel de occidente.




Tabla 5-47. Cuerpos de agua loticos identificados en el sector de túnel



ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
70	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Drenaje NN 23	1	0,5	1188969,52	1156824,81	Seco, con abundante presencia de vegetación arbustiva	Ondulada a Media	
69	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Drenaje NN 24	1,5	0,7	1189170,02	1156523,10	Flujo tranquilo, con presencia media de vegetación arbustiva.	Ondulada a Media	
67	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Drenaje NN 25	3	0,7	1189340,91	1156219,63	Flujo tranquilo, con alta presencia de vegetación tipo arbórea, lecho con presencia de material mediano	Ondulada a Media	
001	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Q. La Culebra	2	0.5	1188322,90	1157468,22	Flujo tranquilo, con abundante presencia de vegetación arbustiva	Ondulada a Media	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
151	Medellín	La Volcana-Guayabal	Q. La Frisola	6	1	1191417,26	1153691,19	Flujo turbulento, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material mediano	Ondulada a Media	
163	Medellín	La Volcana-Guayabal	Drenaje NN 100	0.3	0.05	1191744,03	1153549,26	Afluente con flujo tranquilo, con usuarios de viviendas aledañas	Escarpada o fuerte	
162	Medellín	La Volcana-Guayabal	Quebrada La Negra	0.8	0.1	1191395,42	1153865,05	Flujo turbulento con presencia de material mediano, con vegetación herbácea y pastizales	Escarpada o fuerte	
150	Medellín	La Volcana-Guayabal	Drenaje NN 01	2	2	1192003,48	1153214,80	Cauce mojado, con baja presencia de vegetación tipo arbustiva, lecho cubierto en concreto	Ondulada a Media	



ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
190	Medellín	Boquerón	Quebrada La Iguana	1.5	0.2	1188936,98	1157457,13	Flujo turbulento, con vegetación abundante arbustiva con presencia de material grueso en el fondo del cauce.	Ondulada a media	
142	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 101	0.2	0.2	1189266,37	1156485,60	Se evidencia un arroyo proveniente del costado nor oriental de la vía, con poco caudal, rodeado por árboles de menos de 5m de altura.	Plana o suave	
146	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 102	0.6	0.1	1189060,67	1.156.671,01	Arroyo con presencia de árboles menores a 15 metros cuya densidad es media. Se evidencia captaciones para uso en riegos aguas abajo.	Ondulada a media	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
148	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 103	0.4	0.2	1188915,62	1156818,49	Quebrada de color amarillo del costado occidental de la vía, con presencia de pastizales y presencia de vegetación de fondo.	Ondulada a media	
150	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 104	0.25	0.2	1188802,63	1156982,17	Canal con flujo tranquilo, es un afluente de la quebrada la Culebra, vegetación abundante arbustiva	Plana o suave	
189	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 107	0.2	0.1	1.188.735,56	1.157.422,69	Cuerpo de agua con flujo tranquilo, con presencia vegetación arbustiva y pastizales	Ondulada a media	
191	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 108	-	-	1.189.197,24	1.156.331,97	Cuerpo de agua con presencia de vegetación arbórea abundante y de alta pendiente que impide la	Escarpada o fuerte	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
								Llegada hasta el cauce.		
237	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 109	0.4	0.03	1.188.923,78	1.156.974,68	Cauce mojado con poco flujo de agua, tiene una vegetación alrededor con pastizales, cauce cubierto en concreto.	Escarpada o fuerte	
165	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 110	1.2	0.15	1.189.346,52	1.156.228,02	Flujo turbulento con presencia de vegetación arbórea de densidad media. Afluente de la Q. La Culebra.	Escarpada o fuerte	
151	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 105	0.2	0.1	1188702,74	1156994,31	Flujo tranquilo de carácter permanente con presencia de vegetación de tipo arbustiva. Afluente de la quebrada La Culebra,	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Nombre fuente hídrica	Ancho cauce (m)	Prof. (m)	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Foto
						Norte (Y)	Este (X)			
144	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 106	0.5	0.2	1.189.171,13	1.156.522,66	Box Culvert por donde pasa cuerpo de agua natural, con flujo tranquilo.	Escarpada o Fuerte	
166	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 111	1.3	0.2	1.189.272,95	1.156.130,52	Flujo turbulento, lecho con presencia de material mediano y vegetación arbórea	Escarpada o fuerte	

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Debido a restricción de acceso entre las coordenadas X: 1155622,53 Y: 1189813,06 y X: 1153745,94 Y: 1191286,8 se hace difícil la verificación total en campo de los sistemas loticos existentes (Ver Fotografía 5-120), por lo cual, en la Tabla 5-27 se relacionan las coordenadas de los posibles cuerpos de agua en este sector de acuerdo a la información cartográfica disponible en el IGAC, es de mencionar que todas corresponden a corrientes de cuarto orden, afluentes de la quebrada La Frisola la cual pertenece a la subcuenca de la Quebrada La Clara o Seca. La coordenada que se indica corresponde a la proyección del trazado del túnel a la superficie.

Fotografía 5-120. Evidencia de restricciones de acceso en el sector de túnel





Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Tabla 5-48. Posibles sistemas loticos sector de túnel entre las coordenadas X: 1156219,63/ Y: 1189340,91 y X: 1153745,94 y Y: 1191286,8

Municipio	Corregimiento / Vreda	Nombre fuente hídrica	Coordenadas	
			Norte (Y)	Este (X)
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 26	1189853,4	1155589,7
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 27	1190063,7	1155317,2
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 28	1190172,2	1155179,5
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 29	1190207,9	1155132,9
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 30	1190245,3	1155084,2
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 31	1190334,8	1154968,6
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 32	1190727,1	1154461,5
Medellín	Palmitas / La Frisola	Drenaje NN 33	1190972,4	1154146,7
Medellín	Palmitas / La Frisola	Quebrada La Valencia	1191019,8	1154086,9

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.5.1.2 Sistemas lénticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos, tales como humedales, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados; lagunas, las cuales representan geo formas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región.

Dentro del área de influencia en el sector donde se prevé la construcción del segundo túnel de occidente no se identificaron cuerpos de agua lenticos.

5.1.5.5.2 Dinámica Hídrica y sus variaciones en sitios de túnel

La dinámica hídrica en la zona de túnel, corresponde a ríos de montaña y de transición caracterizados por su torrencialidad.

Los ríos de montaña se caracterizan por presentar una pendiente longitudinal y transporte de sedimentos representativos, además de tener secciones de cauce definidas, en general encañonados, Estas condiciones hacen que las crecientes sean súbitas y las variaciones de caudal y nivel significativas.

De la red de drenaje identificada en la zona de estudio, se estableció que las alteraciones del régimen natural son de tipo torrencial y son estacionales, es decir, se presentan de acuerdo al régimen de precipitaciones bimodal, presentándose dichos fenómenos entre los meses de marzo-Junio y Septiembre-Noviembre.

5.1.5.5.3 Estimación de los niveles y caudales característicos de las corrientes inventariadas

En la zona de influencia, se identificaron cuatro corrientes representativas a saber, quebrada La Culebra - afluente de la quebrada La Iguaná, y quebradas La Valencia y dos corrientes afluentes de la quebrada La Frisola, como se observa en la Figura 5-90.

5.1.5.5.3.1 Caudales medios

Teniendo en cuenta datos de balance hídrico y según las características propias de las cuencas – verificadas en campo-, en general el área de estudio se trata de una zona seca con poca disponibilidad de agua. Las corrientes más representativas son las que tienen agua permanentemente, y por tanto, en las que se puede cuantificar un caudal medio.

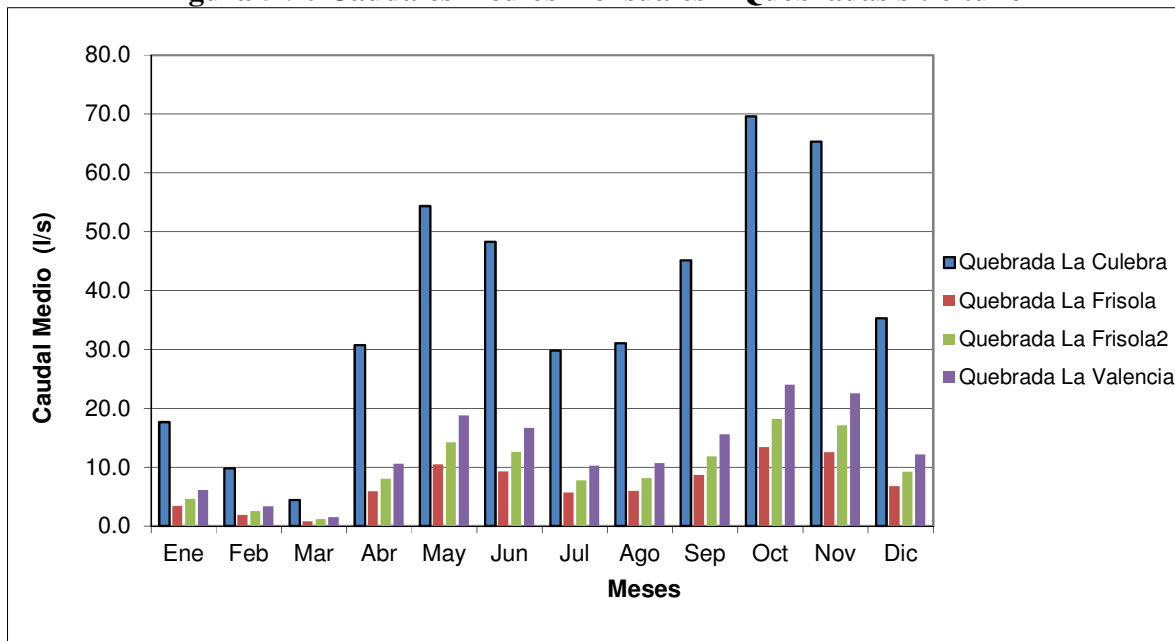
Así, a partir del área de la cuenca hasta el sitio de cruce, y con el dato de rendimientos hídricos calculados en la estación Penalta sobre el río Aurrá (Ver Tabla 5-49), se obtiene el caudal medio en cada sitio.

La representación gráfica del comportamiento de los caudales de las quebradas en sitio de túnel se indican en la Figura 5-90 y Tabla 5-50.

Tabla 5-49 Rendimientos medios mensuales ($\text{m}^3/\text{s km}^2$) – Estación Penalta (Río Aurrá)

A _{estación} (Km^2)	192.06												
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Caudal medio (m^3/s)	2.78	2.31	2.47	2.97	4.21	4.27	3.71	3.65	4.23	5.55	5.04	3.83	3.75
Rendimiento ($\text{m}^3/\text{s km}^2$)	0.014	0.012	0.013	0.015	0.022	0.022	0.019	0.019	0.022	0.029	0.026	0.020	0.020

Figura 5-90 Caudales medios mensuales – Quebradas sitio túnel



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.



Tabla 5-50 Caudales medios mensuales (l/s) – Quebrada sitio túnel

ID	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
3	Quebrada La Culebra	17.66	9.77	4.41	30.72	54.36	48.27	29.77	31.06	45.14	69.60	65.32	35.31	36.89
4	Quebrada La Frisola	3.40	1.88	0.85	5.92	10.48	9.30	5.74	5.99	8.70	13.42	12.59	6.81	7.11
5	Quebrada La Frisola2	4.62	2.56	1.16	8.04	14.23	12.64	7.79	8.13	11.82	18.22	17.10	9.24	9.66
6	Quebrada La Valencia	6.10	3.38	1.52	10.61	18.77	16.67	10.28	10.73	15.59	24.04	22.56	12.20	12.74

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

➤ Niveles medios

Teniendo en cuenta, el caudal medio anual calculado y una sección típica en el sitio de proyección del túnel, se observan alturas de lámina de agua no mayores de 30 cm para las quebradas en referencia.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.5.3.2 Caudales máximos

A fin de calcular caudales máximos para diferentes periodos de retorno, se utiliza la metodología del hidrograma unitario recomendada por “The Soil Conservation Service. SCS” para cuencas mayores a 2.50 km² y el método racional para cuencas con superficies menores a este valor.

Estos modelos lluvia – escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en las cuencas hidrográficas, y son modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

➤ **Parámetros Morfométricos**

Para las cuencas en estudio se han evaluado los parámetros de: pendiente media y tiempo de concentración, según la siguiente metodología:

◆ **Pendiente media del cauce (S)**

Es la variación de inclinación del cauce. Determina la velocidad de escurrimiento del agua. A mayor pendiente, mayor velocidad.

La pendiente media del cauce se realizó por el método de Taylor - Schwarz, que ajusta una rasante al perfil de la corriente.

$$S = \left[\frac{L_t}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$



Donde:

Lt: Longitud total del cauce principal en (Km)
 Li: Longitud en que se divide el cauce principal (Km)
 Si: Pendiente de cada uno de los tramos

◆ **Tiempo de concentración (Tc)**

Tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Las expresiones más utilizadas son las de:

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

- Kirpich

$$T_c = 0.06628 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Desarrollada a partir de información del SCS, recomendada para cuencas rurales en zonas montañosas.

- Temez

$$T_c = 0.30 \cdot \frac{L^{0.75}}{S^{0.19}}$$

- U.S. Corps of Engineers

$$T_c = 0.0882 \cdot \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- Chow

$$T_c = 0.0197 \cdot \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

L: Longitud total del cauce principal en (Km)
S: Pendiente Promedio en (m/m)
Tc: Tiempo de Concentración en (min)



5.1.5.5.3.2.1 Cálculo de caudales para cuencas menores mediante el método racional

Este método estima el caudal en función de la intensidad de la precipitación, el área de drenaje y el coeficiente de escorrentía, mediante la fórmula:

$$Q = 0.278 C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad de lluvia de duración igual al Tc de la cuenca (mm/hr)
A: Superficie de la subcuenca en proyección horizontal (Km²)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.5.5.3.2.2 Método del Hidrograma unitario del SCS

Este método de cálculo de la escorrentía máxima, utiliza como información básica, el área de drenaje, la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce, la precipitación bruta caída en la cuenca en estudio, su duración y el valor característico del suelo CN, de acuerdo con la clasificación definida por el U.S. S.C.S. Para cuencas sin medición de caudales y con áreas mayores a 2.5 km², se empleó el método del hidrograma unitario de SCS.

En esencia se pretende determinar un caudal pico específico o por unidad de lluvia neta q_p en (m³/s-cm de lluvia neta). Para este fin, se utilizó la metodología del Hidrograma Unitario, el cual, a través de un proceso lineal como lo es la convolución, se hace la transformación de lluvia efectiva a escorrentía directa por el cauce. Uno de los métodos más utilizados para cuencas con tamaños similares a la de los ríos de la zona del proyecto, es el Método Triangular, desarrollado por el SCS de los Estados Unidos.

Se utilizó el hidrograma triangular desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service que a partir de su forma se obtiene las siguientes relaciones:

$$T_c = L^{0.77} S^{-0.385}$$

- L: Longitud del cauce principal desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km
S: Pendiente promedio del cauce, en m/m
Tp: Tiempo al pico, se mide desde el comienzo del hidrograma unitario en horas y está dado por la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c$$

Donde D es el exceso de precipitación unitaria en horas y Tc es el tiempo de concentración en horas

Ahora:

- Qp: Caudal unitario máximo en m³/s y está dado por la expresión:

$$Q_p = 0.2083A \frac{E}{T_p}$$

Donde:

- A: Área de la cuenca en Km²

E: Esguerrimiento medio en mm

Tp: Tiempo al pico en horas

De la misma manera:

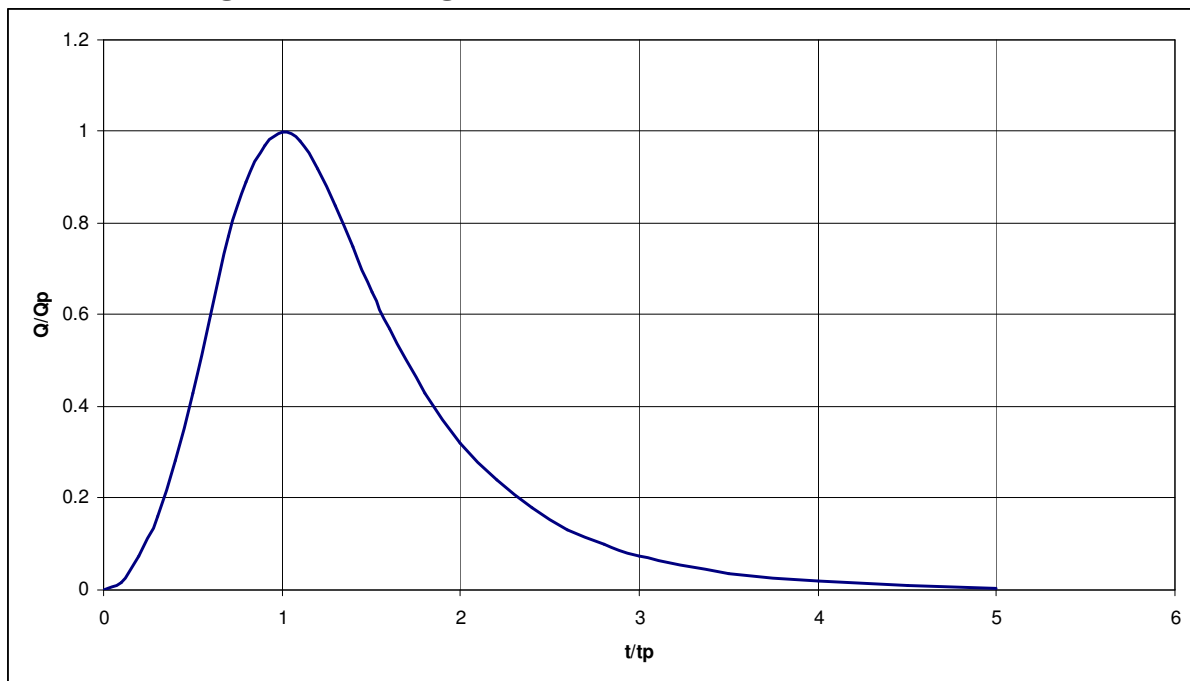
$$T_b = \frac{8}{3} T_p$$

Para convertir el hidrograma unitario triangular en curvilíneo se utilizó el hidrograma unitario adimensional desarrollado por el U. S. Soil Conservation Service (Ver Figura 5-91).



Ahora, para la determinación del hietograma sintético de la lluvia de diseño o sea la distribución de la profundidad de la lluvia en el tiempo. Se obtuvieron las profundidades totales para diferentes períodos de retorno en las estaciones más representativas de los sitios de interés.

En el presente estudio se obtuvo el valor de la profundidad de la lluvia para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años, a partir de los análisis de precipitación realizados para las estaciones de registro de lluvias de la zona.

Figura 5-91 Hidrograma Unitario Adimensional del S.C.S.



Fuente: Ven te Chow, 1994

 ANI Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La precipitación efectiva (P_e), fue estimada utilizando el método del Soil Conservation Service de los EEUU, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{5080}{CN} + 50.8 \right)^2}{P + \frac{20320}{CN} - 203.2}$$

Donde:

P_e : precipitación efectiva en mm.
 P : precipitación de tormenta de diseño en mm.
 CN : número de curva.

La determinación del número de curva de las cuencas se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de las cuencas.

5.1.5.5.3.2.3 Resultados Caudales máximos

Con base en datos de precipitación efectiva, tiempo de concentración y área aferente de las cuencas, se calcularon los caudales máximos en condiciones de lluvia asociadas a diferentes periodos de retorno (Ver Tabla 5-51).

Tabla 5-51 Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método Racional

Id	Nombre	Área	Longitud de Cauce	Cota Superior	Cota Inferior	Dif. de altura	So	Tc Ec. U.S. Corps Engineers	
		(Km2)	(m)	msnm	msnm	(m)	(%)	horas	min
3	Quebrada La Culebra	2.0197	2470	2657	2025	632	25.59	0.72	43.27
4	Quebrada La Frisola	0.3893	725	2696	2401	295	40.69	0.26	15.61
5	Quebrada La Frisola2	0.5287	1127	2665	2025	640	56.78	0.34	20.49
6	Quebrada La Valencia	0.6976	1963	2809	2007	802	40.85	0.55	33.25

Id	Nombre	Caudales a diferentes periodos de retorno (m3/s)					
		2.33	5	10	25	50	100

3	Quebrada La Culebra	18.10	20.92	23.86	28.40	32.40	36.96
4	Quebrada La Frisola	6.77	7.83	8.93	10.62	12.12	13.82
5	Quebrada La Frisola2	7.70	8.90	10.16	12.09	13.79	15.73
6	Quebrada La Valencia	7.42	8.58	9.78	11.64	13.28	15.15

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

➤ Niveles Máximos

Teniendo en cuenta los caudales máximos calculados para diferentes periodos de retorno y con una sección típica en el sitio de proyección del túnel, se observan alturas de lámina de agua para periodos de retorno de 100 años no mayores de 0.8 m para las quebradas en sitios de túnel.

5.1.5.5.3.3 Caudales mínimos

La metodología para la estimación del caudal ecológico de cuencas se encuentra definida en la Resolución No. 0865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el cual el caudal mínimo, ecológico o caudal mínimo remanente es el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua. Este método fue desarrollado por el IDEAM y acogido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como procedimiento general en el territorio nacional.

Existen diversas metodologías para estimar los caudales ecológicos:

- Hidrológicas: Se basan en el comportamiento de los caudales en los sitios de interés, para lo cual es necesario el conocimiento de series históricas de caudales.
- Hidráulicas: Consideran la conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial a lo largo de la distribución longitudinal del río, es decir que el caudal de reserva que se deje en los distintos tramos permita que el río siga comportándose como tal.
- Simulación de los hábitats: Estiman el caudal necesario para la supervivencia de una especie en cierto estado de desarrollo.
- Mínimo histórico: El Estudio Nacional del Agua (2000) a partir de curvas de duración de caudales medios diarios, propone como caudal mínimo ecológico el

caudal promedio multianual de mínimo 5 a máximo 10 años que permanece el 97,5% del tiempo y cuyo periodo de recurrencia es de 2,33 años.

- Porcentaje de Descuento: El IDEAM ha adoptado como caudal mínimo ecológico un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio.

De acuerdo con lo anterior, el caudal mínimo ecológico se a partir de rendimientos hídricos de la estación Penalta localizada sobre el río Aurrá. En la Tabla 5-52 se muestran los caudales mínimos calculados.

Tabla 5-52 Caudales mínimos mensuales (l/s) – Quebradas sitio Túnel

ID	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
3	Quebrada La Culebra	17.66	9.77	4.41	30.72	54.36	48.27	29.77	31.06	45.14	69.60	65.32	35.31	36.89
4	Quebrada La Frisola	3.40	1.88	0.85	5.92	10.48	9.30	5.74	5.99	8.70	13.42	12.59	6.81	7.11
5	Quebrada La Frisola2	4.62	2.56	1.16	8.04	14.23	12.64	7.79	8.13	11.82	18.22	17.10	9.24	9.66
6	Quebrada La Valencia	6.10	3.38	1.52	10.61	18.77	16.67	10.28	10.73	15.59	24.04	22.56	12.20	12.74

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

➤ Niveles Mínimos

Teniendo en cuenta el caudal mínimo anual calculado y con una sección típica en el sitio de proyección del túnel, se observan alturas de lámina de agua de hasta 5 cm para las quebradas en referencia.

5.1.5.5.4 Localización de las corrientes y cuerpos de agua

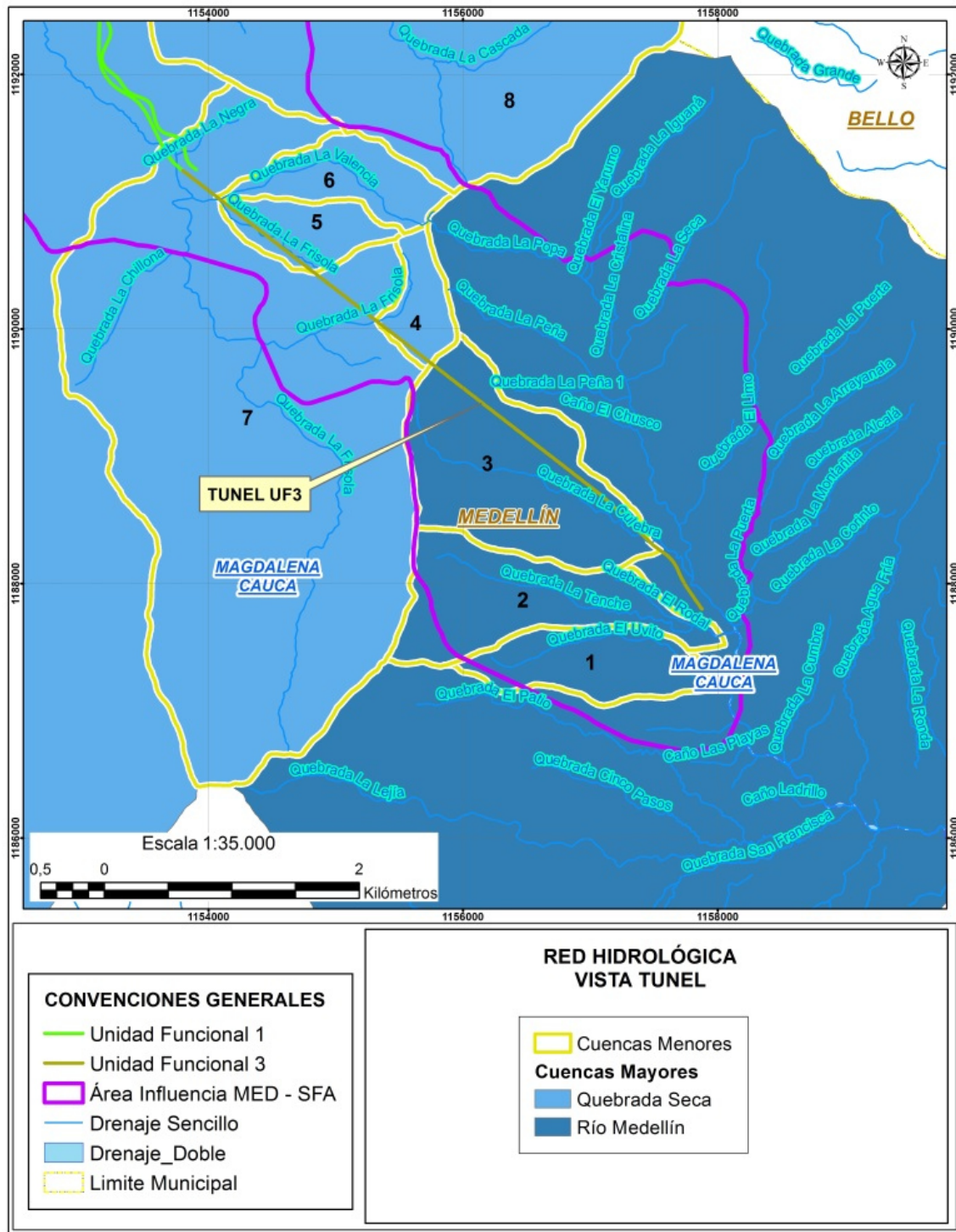
Las corrientes en el sitio de construcción del segundo túnel de Occidente, son corrientes pequeñas, con áreas de drenaje no mayores a 2.5 Km².

Las corrientes más representativas son la quebrada La Culebra- afluente de la quebrada La Iguaná- y quebrada La Valencia y dos corrientes pequeñas afluentes de la quebrada La Frisola

En general, se trata de cauces de montaña con geometría bien definida y arrastre de sedimentos.

La identificación y localización de los cuerpos de agua (lénticos y lóticos) en el sector donde se proyecta la construcción del segundo túnel de Occidente, se efectuó a partir de la cartografía IGAC escala 1:10.000 y 1:25.000 y recorridos de campo, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lótico, que de acuerdo a la clasificación de Horton - Strahler son de orden entre 1 a 4. La red de drenaje se puede observar en la Figura 5-92.

Figura 5-92 Localización red hidrográfica sector segundo Túnel de Occidente



Fuente: IGAC, planchas topográficas. Escala 1:100.000; Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.6 Calidad del agua

El estado ambiental en que se encuentra el recurso hídrico, en cuanto a sus condiciones físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, permite establecer el tipo de uso que se le puede dar a este bajo ciertos estándares de calidad, que de no ser cumplidos, requerirían de tratamientos específicos para su posterior aprovechamiento. Estos estándares de calidad, pueden ser alterados de diferente forma, tanto directa como indirectamente, por aporte de diferentes agentes provenientes de la dinámica natural del entorno (aportes de materia orgánica, arrastre de sedimentos, etc.), o por actividades antrópicas que modifican las condiciones normales del recurso

5.1.6.1 Cuerpos de Agua Continentales

La evaluación de la calidad del agua (físicoquímica e bacteriológica) de los sistemas hídricos susceptibles de afectación por el proyecto, permitiran evidenciar los cambios que se puedan presentar durante el desarrollo de las diferentes actividades de construcción; igualmente permitirán asegurar el cumplimiento a los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales sobre la responsabilidad de conservar y proteger el recurso hídrico y como herramienta fundamental para establecer una línea base ambiental del proyecto.

A continuación se presenta la información recopilada por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente –CIMA, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM para el desarrollo de esta actividad. Para la ejecución de los monitores, se tuvo en cuenta los parametros establecidos en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental –EIA en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, así como los establecidos en la resolución 631 de 2015 para el caso de las corrientes que pueden llegar a ser empleadas como receptoras de los vertimientos a generar en el proyecto. Se debe tener en cuenta que para las dos unidades funcionales (3-1) los monitoreos se realizaron en un periodo climático seco con mucha nubosidad; entre el 14 y 18 de marzo del 2016 para la UF 1 y entre los días 16 y 21 de abril de 2016 para la UF 3 por lo cual, posterior a los resultados de laboratorio, se presenta la estimación de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de las corrientes hídricas para una temporalidad diferente a la medida; con el fin de dar cumplimiento a la resolución 751 del 26 de marzo de 2015

5.1.6.1.1 Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica

Para la Unidad Funcional 3 los muestreos se realizaron en jurisdicción del municipio de Medellín en el departamento Antioquia, para el muestreo se consideraron inicialmente tres (3) puntos correspondientes a sistemas de aguas subterráneas y trece (13) a sistemas de agua superficial de los cuales únicamente se monitorearon ocho (8) cuerpos de agua. Debido a que a la hora de realizar el muestreo de este grupo de puntos de agua superficial se encontró un (1) punto seco y dada la topografía montañosa no se pudo acceder a cuatro (4) puntos.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Por otro lado, para la Unidad Funcional 1 se consideraron 31 cuerpos de agua superficial, de los cuales se registraron 18 puntos secos en el momento de la verificación en campo. La evaluación de los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas superficiales, se desarrollo tomando como referencia los criterios establecidos en el **Decreto 1076 de 2015** del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (correspondientes a los parámetros establecidos inicialmente por el **Decreto 1594 de 1984** del Ministerio de Agricultura, teniendo en cuenta que el Decreto 1076 es una norma compilatoria que no los modificó)

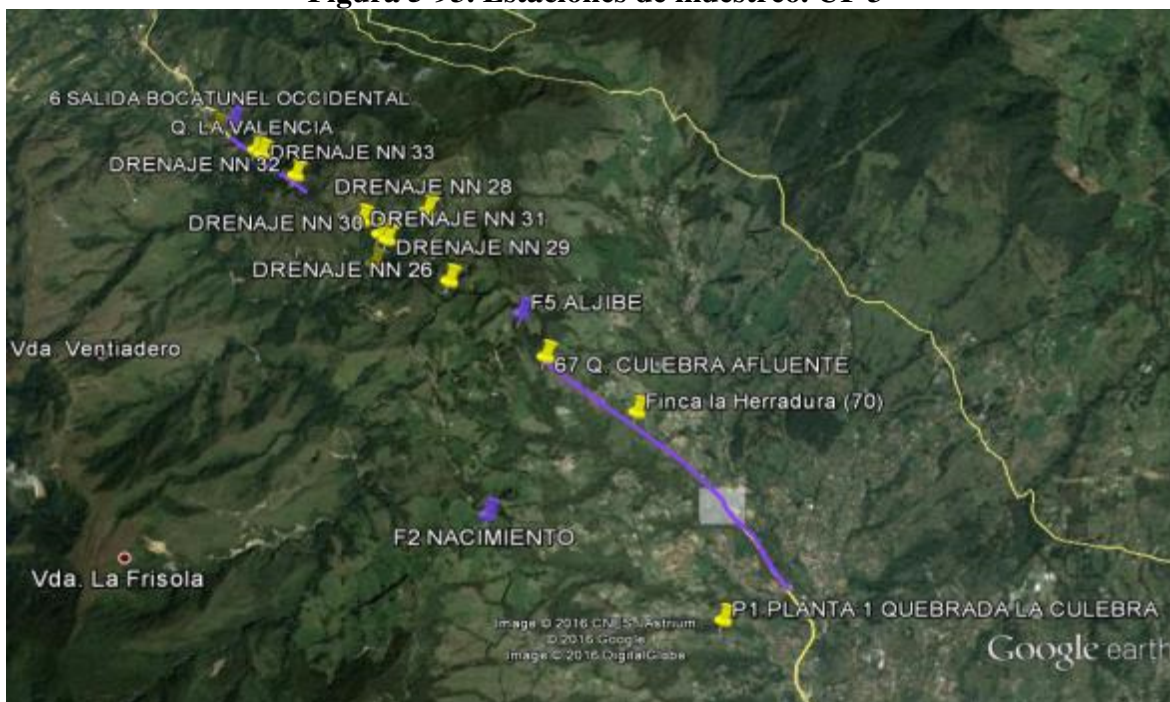
A continuación en la Tabla 5-53 se presenta la georreferenciación de todos los cuerpos de agua muestreados para la UF 3 y en la Figura 5-93 se muestra la ubicación espacial, así mismo para la UF 1 se presentan en la Tabla 5-54 y se localizan en la Figura 5-94 respectivamente.

Tabla 5-53. Georreferenciación de las estaciones de muestreo UF 3

Id	Nombre Punto de Muestreo	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas Magna Sirgas Origen Oeste	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
V3	Quebrada la Valencia	6°19'17,7"N	75°41'6,7"W	1191006,6	1154070,36
32	Drenaje NN 32	6°19'8,56"N	75°40'53,99"W	1190726,8	1154461,87
28	Drenaje NN 28	6°18'57,0"N	75°40'22,7"W	1190374,17	1155424,82
27	Drenaje NN 27	6°18'46,3"N	75°40'35,28"W	1190044,34	1155038,94
26	Drenaje NN 26	6°18'40,0"N	75°40'17,3"W	1189852,24	1155592,25
67	Afluente Q. Culebra	6°18'23,3"N	75°39'57,0"W	1189340,77	1156217,77
1	Quebrada la Culebra	6°17'52,3"N	75°39'18,8"W	1188391,39	1157394,84
P2	Q. La Frisola	6°19'25,8"N	75°41'17,3"W	1191254,62	1153743,8
29	Drenaje NN 29	6°18'51,6"N	75°40'32,2"W	1190207,45	1155133,19
30	Drenaje NN 30	6°18'52,8"N	75°40'33,8"W	1190244,19	1155083,9
31	Drenaje NN 31	6°18'55,8"N	75°40'37,5"W	1190336,07	1154969,9
33	Drenaje NN 33	6°19'16,6"N	75°41'4,2"W	1190973,01	1154147,31
70l	Finca la Herradura	6°18'11,16"N	75°39'37,28"W	1156824,82	1118969,53
6	Salida Bocatunel Occidental	6°19'27,3"N	75°41'12,9"W	1191301,08	1153878,95
F5	Aljibe	6°18'32,5"N	75°40'2,0"W	1189623,06	1156063,28
F2	Nacimiento	6°17'47,3"N	75°40'8,5"W	1188233,61	1155867,18

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)



Figura 5-93. Estaciones de muestreo. UF 3



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016), Modificado de Google Earth

Tabla 5-54. Georreferenciación de las estaciones de muestreo UF1

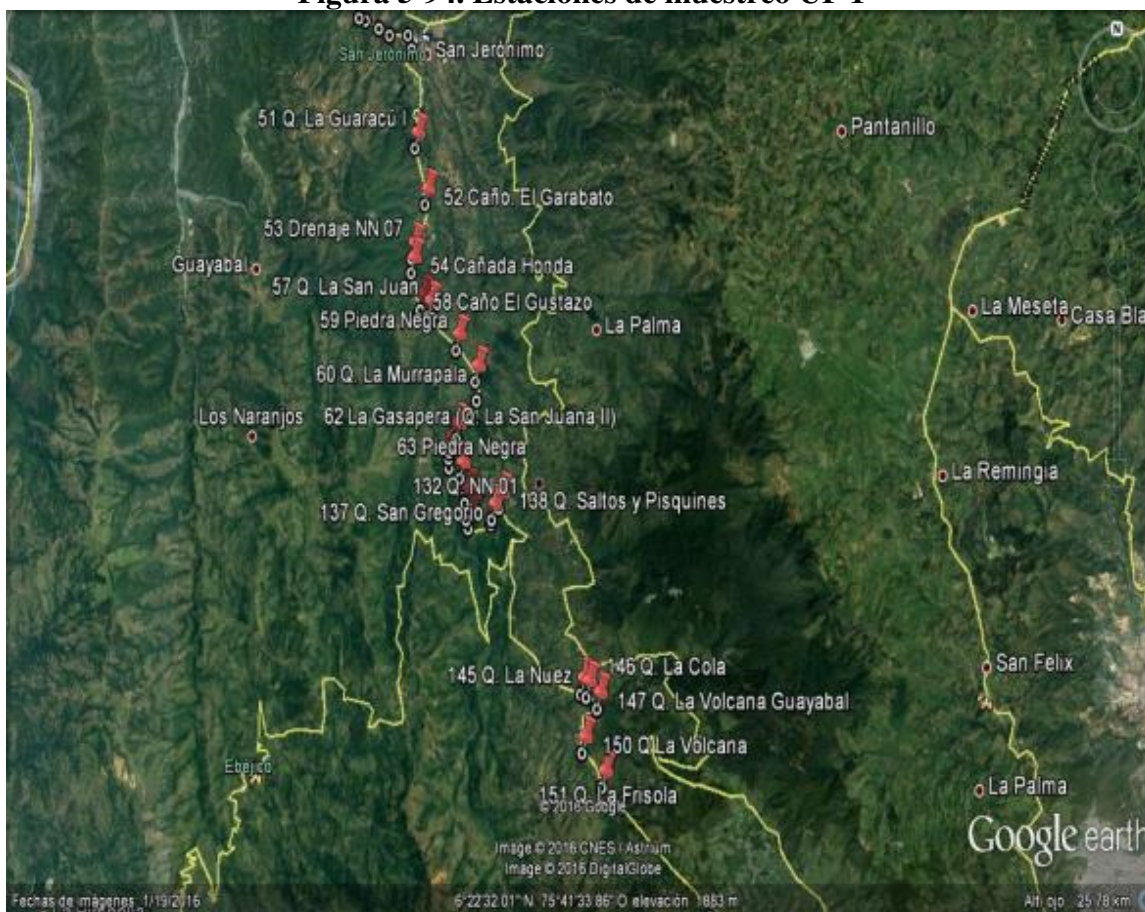
Id	Nombre Punto de Muestreo	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas Magna Sirgas Origen Oeste	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
51	Q. La Guaracú I	6°25'38,1"N	75°43'48,5"W	1202682,14	1149065,463
52	Caño. El Garabato	6°25'04,2"N	75°43'41,6"W	1201641,04	1149280,295
57	Q. La San Juan	6°23'58,1"N	75°43'38,6"W	1199610,21	1149377,852
58	Caño El Gustazo	6°23'57,4"N	75°43'35,3"W	1199588,97	1149479,348
59	Drenaje NN 04 Piedra Negra	6°23'38,2"N	75°43'14,5"W	1199000,69	1150120,278
60	Q. La Murrapala	6°23'21,5"N	75°42'57,3"W	1198488,94	1150650,355
62	La Gasapera	6°22'57,8"N	75°42'59,5"W	1197760,52	1150584,652
63	Piedra Negra	6°22'46,9"N	75°43'14,7"W	1197424,36	1150118,283
138	Q. Saltos Pisquines	6°22'06,3"N	75°42'39,7"W	1196179,66	1151197,501
146	Q. La Cola	6°20'20,8"N	75°41'31,4"W	1192943,49	1153305,804
147	Q. La Volcana Guayabal	6°20'15,4"N	75°41'21,9"W	1192778,34	1153598,307
150	Drenaje NN01 Q La Volcana	6°19'50,3"N	75°41'33,1"W	1192778,34	1153598,307
P2	Q. La Frisola	6°19'8"N	75°41'17,3"W	1191254,62	1153743,802

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Id	Nombre Punto de Muestreo	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas Magna Sirgas Origen Oeste	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
145	Q. La Nuez	6°20'22,5"N	75°41'36,0"W	1192991,92	1153176,03
137	Q. San Gregorio	6°22'0,7"N	75°42'45,9"W	1196003,54	1151001,07
136	Q. La Iris	6°21'58,3"N	75°42'46,5"W	1195926,78	1150984,28
135	Q. La Roncha	6°21'55,1"N	75°43'4,8"W	1195844,18	1150416,62
134	Q. La Mula	6°22'0,3"N	75°43'6,5"W	1195999,2	1150373,7
133	Q. La Rochela	6°22'9,7"N	75°43'7,8"W	1196290,48	1150339,31
132	Q. NN 01	6°22'24,3"N	75°43'11,8"W	1196730,45	1150210,29
66	Q. La Yola	6°22'29,1"N	75°43'20,5"W	1196912,88	1149940,92
65	Q. Mestizal	6°22'35,8"N	75°43'20,8"W	1197083,95	1149931,73
64	Q. La Madera	6°22'35,1"N	75°43'43,2"W	1197193,48	1149947,31
56	Drenaje NN 06	6°24'1,7"N	75°43'44,7"W	1199730,17	1149192,44
54	Cañada Honda	6°25'23,7"N	75°43'52,2"W	1200398,48	1148957,51
53	Drenaje NN 07	6°24'32,2"N	75°43'51,9"W	1200657,88	1148965,19
61	Drenaje NN 03	6°23'52,49"N	75°42'47,83"O	1198106,67	1150603,93

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-94. Estaciones de muestreo UF 1



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016), modificado de Google Earth

Con el fin de establecer las condiciones de calidad de las fuentes hídricas que posiblemente puedan ser objeto de intervención a lo largo del trazado de la vía, se programó una campaña para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se listan a continuación. Se debe tener en cuenta que los cuerpos de agua de la UF 3 correspondientes a la Quebrada La Culebra (P1) y Quebrada La Frisola (P2) para la campaña de monitoreo se consideraron como posibles puntos de vertimientos, por lo cual se tomaron parámetros establecidos en los términos de referencia y en la resolución 631 del 2015 por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Así mismo puntos de aguas subterráneas los cuales hacen referencia a los siguientes nombres Salida Bocatonel Occidental (6), Aljibe (F5) y Nacimiento (F2) correspondientes a la UF 3. Por lo anterior se debe entender que en los resultados habrá puntos de muestreo que tendrán más parámetros medidos y evaluados que otros.

Parámetros *In situ*:



- Temperatura muestra

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Conductividad
- Oxígeno Disuelto
- Sólidos sedimentables
- Sólidos disueltos totales
- pH

Otros

- Acidez total
- Alcalinidad total
- Dureza cálcica
- Dureza total
- Color
- DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno)
- DQO (demanda química de oxígeno)
- Fenoles totales
- Fósforo total
- Grasas y aceites
- Nitrógeno total
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos totales
- Turbiedad
- Mercurio
- Níquel
- Zinc
- Plata
- Plomo
- Selenio
- Arsénico
- Bario
- Cadmio
- Cobre
- Cromo total
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Los muestreos se llevaron a cabo de acuerdo al Plan de muestreo del laboratorio, siguiendo los procedimientos estipulados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 22, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association y WPCF (Water Pollution Control Federation), Standard Methods Edición 22 (2012) y la metodología aprobada a C.I.M.A. por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA en la resolución de 1431 del 10 de noviembre de 2015, para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios Ambientales. A continuación en la Tabla 5-55 se presentan los métodos considerados para la evaluación de cada uno de los parámetros medidos, y en la Tabla 5-56 se muestran los requerimientos de manipulación y preservación de la muestra.

Tabla 5-55. Métodos y parámetros evaluados.



Análisis	Unidad	Método Analítico
Acidez total	Mg/L	SM 2310 B
Alcalinidad total	mg/L	SM 2320 B
Arsénico total	mg/L	S.M 3500 - As B
Bario	mg/L	SM 3111 D
Cadmio	mg/L	SM 3111 B
Cobre	Mg/L	SM 3111 B
Coliformes fecales	NMP/100mL	S.M 9221 E
Coliformes totales	NMP/100mL	S.M 9223 B
Color verdadero	UPC	SM 2120 C
Conductividad (<i>In Situ</i>)	uS/cm	SM 2510 B
Cromo total	mg/L	SM 3111 B
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	SM 5210 B - 4500 - OG
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	SM 5220 D
Dureza cálcica	mg/L	SM 3500 - CA B
Dureza total	mg/L	SM 2340 C
Fenoles totales	mg/L	SM 5530 B – D
Fósforo total	mg/L	SM 4500 P B - D
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 B
Mercurio total	mg/L	SM 3112 B
Níquel total	mg/L	SM 3111 B
Nitrógeno total	mg/L	SM 4500-NORG B
Oxígeno disuelto (<i>In situ</i>)	mg/L	SM 4500 O G
pH (<i>In situ</i>)	Unidad	SM 4500 H+ B
Plata total	mg/L	SM 3111 B
Plomo total	mg/L	SM 3111 B
Selenio total	mg/L	SM 3114 B
Sólidos disueltos totales (<i>In situ</i>)	mg/L	SM 2510 B
Sólidos sedimentables (<i>In situ</i>)	ml/L-h	SM 2540 F
Sólidos totales	Mg/L	SM 2540 B
Temperatura (<i>In situ</i>)	°C	SM 2550 B
Turbiedad	NTU	SM 2130 B
Zinc	mg/L	SM 3111 B

Fuente: Standard Methods for examination of water and wastewater. 22st edition. 2012.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-56. Requerimientos de manipulación y preservación de la muestra

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TAMAÑO MÍNIMO MUESTRA mL	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS RECOMENDADO
Acidez	Plástico o vidrio	100	Refrigerar	24 horas
Alcalinidad	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	24 horas
Arsénico	Plástico o vidrio	1000	HNO ₃ hasta pH < 2 Refrigerar	6 meses
Cadmio	Plástico o vidrio	1000	HNO ₃ pH < 2 Refrigerar	6 meses
Cobre	Plástico o vidrio	1000	HNO ₃ hasta pH < 2 Refrigerar	6 meses
Coliformes fecales	Plástico o vidrio	200	0,2 mL Tiosulfato 3 % Refrigerar	12 horas
Coliformes totales	Plástico o vidrio	200	0,2 mL Tiosulfato 3 % Refrigerar	12 horas
Color	Plástico o vidrio	500	Refrigerar	48 horas
Conductividad	Plástico o vidrio	500	Refrigerar	7 días
Cromo VI	Plástico con HNO ₃ 1 + 1 vidrio con HNO ₃ 1 + 1	1000	Refrigerar	24 horas
DBO	Plástico o vidrio	1000	Refrigerar	6 horas
DQO	Plástico o vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 y refrigerar	7 días
Dureza	Plástico o vidrio	100	Agregar HNO ₃ o H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	6 meses
Fenoles	Plástico o vidrio PTFE	500	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 y refrigerar	preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible
Fósforo total	Plástico o vidrio	100	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Grasas y aceites	Vidrio de boca ancha	1000	Agregar HCl o H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Mercurio	Plástico con HNO ₃ 1 + 1 vidrio con HNO ₃ 1 + 1	1000	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Metales	Plástico con HNO ₃ 1 + 1 vidrio con HNO ₃ 1 + 1	1000	Filtrar inmediatamente para metales disueltos Agregar HNO ₃ hasta pH < 2	6 meses
Níquel	Vidrio	1000	Acidificar a pH < 2	1 mes
Nitrógeno total	Plástico	500	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Oxígeno disuelto,	Vidrio, botella	300	Analizar de inmediato	15 minutos

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TAMAÑO MÍNIMO MUESTRA mL	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS RECOMENDADO
eléctrodo	Winkler			
pH	Plástico o vidrio	50	Analizar de inmediato	15 minutos
Plata	Plástico o vidrio	1000	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 y refrigerar	6 meses
Plomo	Plástico o vidrio	1000	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 y refrigerar	6 meses
Selenio	Vidrio	1000	Acidificar a pH < 2	1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	7 días
Sólidos sedimentables	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	7 días
Sólidos totales	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	7 días
Temperatura	Plástico o vidrio	-	Analizar de inmediato	15 minutos
Turbiedad	Plástico o vidrio	100	Almacenar en la oscuridad, hasta 24 horas, refrigerar, analizar el mismo día	24 horas
Zinc	Plástico o vidrio	1000	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2 y refrigerar	6 meses


Fuente: Standard Methods for examination of water and wastewater. 22st edition. 2012.


En el Anexo E3_Calidad de Agua se presenta el informe detallado de los resultados y los soportes correspondientes, entregados por CIMA con los respectivos soportes.



5.1.6.1.1.1 Resultados


A continuación (Tabla 5-57) se presenta una descripción puntual de las condiciones climáticas y generales de cada punto donde se realizó la toma de muestra y posteriormente se analizan cada una de las variables estudiadas.



Tabla 5-57. Descripción de puntos de monitoreo UF 3



Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
Q. La Valencia	N:	1191006,60	Climático	Día Nublado con temperatura ambiente de 17°C	
	E:	1154070,35	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa	

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos	Registro fotográfico
			Cobertura: Bosque con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua COLOR: Agua transparente. SUSTRATO: Rocoso cubierto con abundante hojarasca OLOR: No se perciben olores particulares	
Observaciones: En un tramo de 100 m de longitud, se aprecia que el cuerpo de agua presenta un ancho aproximado de 6 m y profundidad máxima de 0,5 m, presenta tipología sinuosa, se encuentra un puente peatonal que pasa sobre el cuerpo de agua. Como coriotopos presente se encuentra hojarasca y piedra en corriente lenta; como actividades antrópicas en esta zona rural se encuentra ganadería y agricultura.				
Drenaje NN 32	N:	1190726,796	Climático	Día Seminublado con una temperatura ambiente de 18°C
	E:	1154461,868	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Franja de bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: No se perciben olores particulares
Observaciones: En un tramo de 100m de longitud, se aprecia un ancho aproximado de 0,3 m y una profundidad máxima de 0,05 m, el cuerpo de agua es atravesado por un paso peatonal, la tipología del cuerpo de agua es sinuosa, como coriotopos presentes se encuentra hojarasca y piedra en corriente lenta. Como actividades antrópicas presentes en la zona se destaca la agricultura y la ganadería				
Drenaje NN 28	N:	1190374,17	Climático	Día seminublado con una temperatura ambiente de 18°C 



 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
	E:	1155424,821	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Franja de bosque secundario de aproximadamente 10 metros de ancho sobre el cuerpo de agua, zona de bosque secundario con fuertes alteraciones cuya continuidad es esporádica.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Aguas transparente. SUSTRATO: Arcilloso arenoso OLOR: No se perciben.	
Observaciones: En un tramo de 100 m se observa que el cuerpo de agua presenta un ancho de 1 m, y una profundidad máxima de 0,02 m, cuerpo de tipología sinuosa, donde se observan como coriotopos representativos hojarasca y arena, como actividades antrópicas se destaca la agricultura y la ganadería.					
Drenaje NN 27	N:	1190044,34	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 17°C.	
	E:	1155038,937	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa con pendientes de más de 45°. Cobertura: Bosque secundario ligeramente perturbado cuya continuidad se ha visto poco interrumpida	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Arenoso- Rocosos. OLOR: No se perciben.	
Observaciones: Sobre un tramo de 100m, el cuerpo de agua presenta un ancho de 0,8 m y una profundidad máxima de 0,3 m, tipología sinuosa, no se observan estructuras artificiales. Como coriotopos presentes se observa hojarasca y arena. Como actividades en cercanías al punto, se identifican la agricultura y en menor escala la ganadería.					
Drenaje 26	N:	1189852,244	Climático	Día, Nublado con una temperatura ambiente de 17°C	



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		



Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
	E:	1155592,253	Paisajístico	<p>Geomorfología: Montañosa con pendientes de más de 45°</p> <p>Cobertura: Franja de bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.</p>	
			Del Cuerpo de agua	<p>COLOR: Agua transparente.</p> <p>SUSTRATO: Rocoso arcilloso</p> <p>OLOR: No se perciben olores característicos</p>	
<p>Observaciones: Sobre un tramo de 100m se observa que el cuerpo de agua lótico presenta 0,50 m de ancho, y una profundidad máxima de 0,05 m, se encuentra al lado del cuerpo de agua una manguera que toma el agua de un pozo construido de aproximadamente 1 m², la tipología del cuerpo de agua es sinuosa. Como coriotopos presentes se encuentra hojarasca y arena. El sitio se encuentra en una zona rural donde se generan actividades antrópicas tales como la agricultura y la ganadería en menor proporción.</p>					
67 Afluente Q. Culebra	N:	1189340,774	Climático	Día, nublado con una temperatura ambiente de 18°C.	
	E:	1156217,767	Paisajístico	<p>Geomorfología: Montañosa</p> <p>Cobertura: Franja de bosque secundario, ligeramente perturbado cuya continuidad se ve poco interrumpida.</p>	
			Del Cuerpo de agua	<p>COLOR: Transparente</p> <p>SUSTRATO: Rocoso-arenoso</p> <p>OLOR: No se perciben olores</p>	
<p>Observaciones: Se hace una evaluación del punto en un tramo de 100 m, en los que se encuentra que el cuerpo de agua posee un ancho de 0,7 m y una profundidad media de 0,10 m, no se observan estructuras artificiales. Como coriotopos presentes se encuentra hojarasca y piedra en corriente lenta. El sitio es una zona rural donde se desarrollan como actividades antrópicas la agricultura y la ganadería.</p>					
Planta 1 Quebrada Culebra	N:	1188391,394	Climático	Día, nublado con una temperatura ambiente de 21°C.	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR		
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		



Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
	E:	1157394,839	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Franja de bosque secundario, ligeramente perturbado, con poca continuidad interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SISTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: No se perciben olores particulares.	
Observaciones: Se realiza una observación sobre un tramo de 100 m de longitud, en el que se encuentra que el cuerpo de agua posee un ancho de 1 m, y una profundidad máxima de 0,3 m, no se observan estructuras artificiales presentes. Se precia como coriotopos representativos, piedra en corriente lenta y arena. Las actividades antrópicas presentes en la zona son la agricultura y la ganadería.					
Planta 2 Quebrada la Frisola	N:	1191254,624	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 24 °C.	
	E:	1153743,802	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente. SISTRATO: Rocoso-arenoso. OLOR: No se perciben olores particulares.	
Observaciones: Sobre la zona de 100 m se encuentra que el ancho promedio es de 10 m, con una profundidad media promedio de 0,4 m, de tipología trenzada. Se presentan como coriotopo predominante, piedra en corriente rápida. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería, la agricultura y la minería con la extracción de material para la construcción, arena y piedra.					
5 Salida boca túnel occidental	N:	1191301,077	Climático	Día, Nublado con una temperatura ambiente de 23°C.	




	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo		Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico	
	E:	1153878,953	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque se encuentra con degradación extrema no existe continuidad.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: No se aprecia puesto que las aguas son recogidas en un Box Culvert. OLOR: No se perciben olores particulares.			
Observaciones: El punto se encuentra a la salida derecha del túnel Medellín-Santafé de Antioquia, recoge las aguas de infiltración del interior del túnel y la descarga sobre un Box-Culvert. La actividad antrópica preponderante en el punto es el transporte.							
F5 ALJIBE	N:	1189623,055	Climático	Día, Seminublado con una temperatura ambiente de 18°C.			
	E:	1156063,276	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura Franja de bosque secundario con degradación extrema y continuidad nula.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: agua transparente SUSTRATO: Arenoso-arcilloso OLOR: No se perciben olores particulares.			
Observaciones: se observa sobre un transepto de 100 m el inicio de un proceso de infiltración el cual ha sido represado artificialmente, las aguas subterráneas son recogidas en un pozo artificial, el cual está lleno de materia orgánica en descomposición. Como actividades antrópicas en la zona se encuentra la agricultura y la ganadería, aunque también se encuentra la tala y aprovechamiento de la madera.							
F2 NACIMIENTO	N:	1188233,613	Climático	Día soleado, temperatura ambiente de 19°C.			


 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
	E:	1155867,181	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa con inclinaciones mayores a 45° Cobertura: Franja de bosque secundario fuertemente alterado, continuidad se ve frecuentemente interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: agua transparente SISTRATO: Arenoso-arcilloso Olor: No se perciben olores característicos.	
Observaciones: Se encuentra un pozo que recoge las aguas de infiltración provenientes de las zonas altas de la montaña, pozo de aproximadamente 0,4 x 0,5 m, y una profundidad de 0,05 m. Como actividades antrópicas en la zona se destaca la agricultura y la ganadería.					
Drenaje NN 29	N:	1190207,45	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 18 °C.	
	E:	1155133,19	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario sin intervención	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: NA SISTRATO: NA OLOR: NA	
Observaciones: Punto en el cual la topografía y la pendiente del terreno impidieron el acceso, por lo cual, por motivos de seguridad del personal no es viable la toma de muestra para análisis.					
Drenaje NN 30	N:	1190244,19	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 18 °C.	
	E:	1155083,9	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo		Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico	
				Cobertura: Bosque secundario sin intervención			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: NA SISTRATO: NA OLOR: NA			
Observaciones: Punto en el cual la topografía y la pendiente del terreno impidieron el acceso, por lo tanto por motivos de seguridad no se tomó el punto.							
Drenaje NN 31	N:	1190336,07	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 17 °C.			
	E:	1154969,9	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario sin intervención			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: NA SISTRATO: NA OLOR: NA			
Observaciones: Punto en el cual la topografía y la pendiente del terreno impidieron el acceso, por lo tanto por motivos de seguridad no se tomó el punto.							
Drenaje NN 33	N:	1190973,01	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 19 °C.			
	E:	1154147,31	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario sin intervención			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: NA SISTRATO: NA OLOR: NA			
Observaciones: Punto en el cual la topografía y la pendiente del terreno impidieron el acceso, por lo tanto por motivos de seguridad no se tomó el punto.							


	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		



Puntos de monitoreo	Coordenadas: Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
Finca la Herradura (ID 70)	N:	1156824,82	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 18 °C.	
	E:	1118969,53	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Franja de Bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente intervenida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: NA SUSTRATO: NA OLOR: NA	
Observaciones: Este punto se encontraba seco.					



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)



A continuación (Tabla 5-58) se presenta una descripción de las condiciones climáticas y generales de cada punto donde se realizó la toma de muestra para la Unidad Funcional 1 y posteriormente se analizan cada una de las variables estudiadas.



Tabla 5-58. Descripción de puntos de monitoreo UF 1.

Puntos de monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
51. Quebrada Guaracú I	N:	1202682,138	Climático	Día Soleado, temperatura ambiente de 27°C	
	E:	1149065,463	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona de bosque secundario con inicio de alteración importante, cuya continuidad se está viendo frecuentemente interrumpida.	

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo, semi transparente SUSTRATO: Arenoso- Limoso OLOR: No se perciben olores particulares.			
Observaciones: En el tramo de observación de 100 m, el cuerpo de agua presenta un ancho aproximado de 6 m, y una profundidad máxima de 0,4 m, la tipología del tramo es sinuosa y se encuentra como estructura artificial presente un puente vehicular. Como coriotopos presentes en la zona se destaca hojarasca, piedra en corriente rápida, piedra en corriente lenta y arena. Se observan como actividades antrópicas en la zona la agricultura y la ganadería, aunque en la zona se encuentran una gran cantidad de fincas dedicadas a la recreación y el turismo.							
52 Caño el Garabato	N:	1201641,041	Climático	Día Soleado, temperatura ambiente de 30 °C			
	E:	1149280,295	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa			
				Cobertura: Zona donde se perdió el bosque original, muestra degradación extrema y continuidad nula			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Transparente ligeramente turbio			
				SUSTRATO: Lecho canalizado			
				OLOR: No se perciben olores			
Observaciones: El cuerpo de agua ha sido intervenido, con la canalización en un Box Culvert, se encuentra una película delgada de agua de algunos milímetros de espesor, la canalización abarca más de 100 metros, estructura rectilínea en caída en forma de escalones. Debido a este proceso antrópico no se encuentra sustrato para la colonización de comunidades como los macroinvertebrados acuático, el zooplankton, peces o macrófitas, por lo cual no se pueden tomar muestras hidrobiológicas.							
57 Q. La San Juan	N:	1199610,21	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 26 °C.			
	E:	1149377,852	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Zona en la que el bosque muestra fuertes alteraciones y la continuidad de este es esporádica.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso			


	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
				OLOR: no se perciben olores particulares			
Observaciones: Se realiza una observación en un tramo de 100 metros en donde se encuentra que el cuerpo de agua presenta un ancho promedio de 2 m, y una profundidad máxima de 0,30 m, la tipología del cuerpo de agua es sinuosa. Las actividades antrópicas presentes en la zona son la agricultura y ganadería.							
58 (Caño El Gustazo)	N:	1199588,968	Climático	Día Nublado con temperatura ambiente de 25 °C.			
	E:	1149479,348	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta degradación extrema, continuidad nula.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: aguas transparente SUSTRATO: Rocoso arenoso OLOR: no se perciben olores particulares inicialmente, sin embargo al remover el sustrato se percibe olor a sulfuro de hidrógeno.			
Observaciones: Este cuerpo de agua se origina por la filtración proveniente de la montaña, las aguas se posan en el Box Culvert que queda bajo la vía, donde se presenta una lámina delgada de agua, en el tramo de 100 m de observación se encuentra que el ancho promedio del cuerpo de agua es de 0,20 m , y la profundidad es de 0,02 cm fuera del Box Culvert, donde se presenta una profundidad de 0, 0 m, la tipología en el tramo es rectilínea. En la zona se desarrolla como actividad antrópica principal una zona de paraderos donde se establecen restaurantes, sobre el cuerpo de agua se está construyendo un local comercial.							
59 Piedra Negra	N:	1199000,687	Climático	Día, soleado con temperatura ambiente de 27°C.			
	E:	1150120,278	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta degradación extrema y continuidad nula. Solo se observa una cobertura herbácea.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente ligeramente turbia			


Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
					SUSTRATO: cubierto por un Box Culvert OLOR: No se perciben olores		
Observaciones: Cuerpo de agua canalizado, Box Culvert, rectilíneo que presenta una lámina de agua de algunos milímetros, el ancho aproximado del Box Culvert es de 1,2 m, localizado en una zona mixta entre urbana y rural, por lo cual las actividades de uso están ligadas al uso doméstico por parte de las viviendas aledañas y la agricultura.							
60 Quebrada La Murrapala	N:	1198488,936	Climático	Día, despejado con una temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150650,355	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque con fuertes alteraciones continuidad esporádica, zona donde predomina la vegetación herbácea y algunas franjas arbóreas.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso OLOR: No se perciben olores particulares.			
Observaciones: En el tramo de observación (100 m), el ancho promedio del cuerpo de agua es de 0,80 m, y una profundidad promedio de 0,2 m, de tipología sinuosa, donde se presentan como coriotopos hojarasca, piedra en corriente rápida y piedra en corriente lenta, como estructuras artificiales presentes se encuentra un vía ducto que pasa sobre el ecosistema. Como actividades antrópicas presentes en la zona rural, está la agricultura y la ganadería.							
62 La Gasapera (Q. La San JuanalII)	N:	1197760,517	Climático	Día seminublado con una temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150584,652	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona en la que el bosque presenta fuertes alteraciones cuya continuidad es esporádica, la cobertura es principalmente herbácea.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso			



Puntos de monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá	Aspectos	Registro fotográfico
		OLOR: No se perciben olores particulares	



Observaciones: Se encuentra en el tramo de observación (100 m), que el promedio del ancho del cuerpo de agua es de 2,5 m y una profundidad máxima aproximada de 0,20 m; de tipología sinuosa. Como estructuras artificiales presentes en la zona está un puente que pasa sobre el ecosistema. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural son agricultura y ganadería.



63 Piedra negra	N:	1197424,357	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 22°C	
	E:	1150118,283	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta degradación extrema y continuidad nula, cobertura principalmente herbácea.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso OLOR: No se perciben olores particulares.	





Observaciones: En el tramo de observación, (100 m), se encuentra en una zona de pendiente muy prolongada, la única zona plana es el Box Culvert que pasa bajo la vía, la tipología del cuerpo de agua es sinuosa se encuentra una película de agua delgada en la que no se aprecian coriotopos para el asentamiento de comunidades hidrobiológicas como macrinvertebrados acuáticos, zooplancton o peces, por lo tanto no es posible tomar muestras hidrobiológicas.





138 Saltos y Pisquines	N:	1196179,664	Climático	Día, Nublado con una temperatura ambiente de 23°C.	
	E:	1151197,501	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura Al inicio la zona de bosque presenta una alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida, la cobertura es principalmente arbustiva y arbórea en menor medida herbácea.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso	





Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
				OLOR: No se perciben olores particulares.			
Observaciones: En el tramo de observación (100 m) se encuentra que el ancho promedio del cuerpo de agua es de 0,4 m, y una profundidad de 0,02 m de tipología sinuosa, zona de montaña con una pendiente muy prolongada que restringe el acceso a diferentes coriotopos sin embargo en el punto de acceso se encuentra como coriotopo presente piedra en corriente rápida.							
Quebrada La Cola	N:	1192943,488	Climático	Día nublado en el que se presentaron algunas lloviznas al final de muestreo, temperatura ambiente de 23 °C.			
	E:	1153305,804	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta fuertes alteraciones, la continuidad es esporádica, la cobertura es principalmente herbácea.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso. OLOR: no se perciben olores particulares			
Observaciones: Sobre la zona de 100m se encuentra que el ancho promedio es de 1,5 m, con una profundidad promedio de 0,2 m, de tipología sinuosa. Como estructuras artificiales presentes en se encuentra un puente vehicular sobre el ecosistema. Se presentan como coriotopos hojarasca y piedra en corriente rápida. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería y la agricultura.							
147 Quebrada la Volcana Guayabal	N:	1192778,339	Climático	Día nublado, temperatura ambiente de 23 °C.			
	E:	1153598,307	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta fuertes alteraciones, la continuidad es esporádica, la cobertura es principalmente herbácea.			
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua verdosa transparente. SUSTRATO: Rocoso. OLOR: No se perciben olores particulares.			



 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá	Aspectos		Registro fotográfico
Observaciones: Sobre la zona de 100m se encuentra que el ancho promedio es de 6 m, con una profundidad promedio de 0,5 m, de tipología sinuosa y corriente fuerte. Como estructuras artificiales presentes en se encuentra un viaducto sobre el ecosistema. Se presentan como coriotopos hojarasca, piedra en corriente rápida y piedra en corriente lenta. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería y la agricultura.					
150 Quebrada La Volcana	N:	1192778,339	Climático	Día despejado en el que la, temperatura ambiente fue de 22 °C.	
	E:	1153598,307	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta degradación extrema, la continuidad es nula, la cobertura es principalmente herbácea.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Cubierto por construcción de Box Culvert. OLOR: No se perciben olores particulares.	
Observaciones: Sobre la zona de 100m se encuentra canalizado el cuerpo de agua por un Box Culvert de ancho promedio es de 1,5 m, con una profundidad media promedio de 0,01 m, por lo cual no existen coriotopos para comunidades hidrobiológicas como, macroinvertebrados, acuáticos o peces. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería y la agricultura.					
Planta 2 Quebrada la Frisola	N:	1191254,624	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 24 °C.	
	E:	1153743,802	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Zona donde el bosque presenta inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso-arenoso. OLOR: No se perciben olores particulares.	

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
Observaciones: Sobre la zona de 100 m se encuentra que el ancho promedio es de 10 m, con una profundidad media promedio de 0,4 m, de tipología trenzada. Se presentan como coriotopo predominante, piedra en corriente rápida. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería, la agricultura y la minería con la extracción de material para la construcción, arena y piedra.							
53. Drenaje NN 07	N:	1200657,88	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 24 °C.			
	E:	1148965,19	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Se encuentra una estructura artificial tipo box culvert, en el que no se encontró espejo de agua para realizar la toma de la muestra			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: Cuerpo de agua intervenido por la vía existente.							
54. Cañada Honda	N:	1200398,48	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 23°C.			
	E:	1148957,51	Paisajístico	Del mismo modo que en el caso anteriormente descrito se evidencia un sistema artificial tipo box culvert en el que no hay espejo de agua			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: Cuerpo de agua intervenido por la vía existente.							
53. Drenaje NN 06	N:	1199730,17	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25 °C.			
	E:	1149192,44	Paisajístico	En el momento del muestreo se observó un box culvert sin ningún espejo de agua; en este caso se ubica cerca a la vía			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: en cada orilla se observan signos de condiciones de sequía.							
61. Drenaje NN 03	N:	1198106,67	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150603,93	Paisajístico	En este caso se encontró un box culvert en el que no hay			

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
					lámina de agua, por ende se considera como punto seco		
			Del Cuerpo de agua		No se encontró lámina de agua		
Observaciones: en cada una de las orillas del sistema artificial existe vegetación riparia							
65. Quebrada Mestizal	N:	1197083,95	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 24 °C.			
	E:	1149931,73	Paisajístico	El cuerpo se ubicó debajo de una estructura vial, en el muestreo no se evidenció espejo de agua			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: en cada una de las orillas del sistema artificial existe vegetación riparia							
64. Quebrada La Madera	N:	1198106,67	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 24°C.			
	E:	1150603,93	Paisajístico	El sistema está bajo una estructura vial tipo puente y presenta vegetación arbustiva.			
			Del Cuerpo de agua	No hay lámina de agua.			
Observaciones: punto seco							
66. Quebrada La Yola	N:	1196912,88	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25 °C.			
	E:	1149940,92	Paisajístico	El punto de muestreo se ubica bajo un puente vehicular.			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: punto seco							
64. Q. NN 01	N:	1196730,45	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150210,29	Paisajístico	Sistema ubicado bajo una estructura vial y un peñasco, acompañado por sustrato rocoso.			

Puntos de monitoreo		Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico	
				Del Cuerpo de agua	No hay lámina de agua.		
Observaciones: punto seco							
133. Quebrada La Rochela	N:	1196912,88	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25 °C.			
	E:	1149940,92	Paisajístico	Se ubica bajo la vía, en un parche de bosque de rastrojo.			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: punto seco							
134. Q. La Mula	N:	1195999,2	Climático	Día soleado con temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150373,7	Paisajístico	El cuerpo de agua está ubicado a un lado del paso vehicular; en el recorrido se observa basura y desechos en cada orilla.			
			Del Cuerpo de agua	No hay lámina de agua.			
Observaciones: punto seco							
135. Quebrada La Roncha	N:	1195844,18	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 25 °C.			
	E:	1150416,62	Paisajístico	Se ubica bajo la vía, en un parche de bosque de rastrojo.			
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco			
Observaciones: punto seco							
136. Q. La Iris	N:	1195926,78	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 25°C.			
	E:	1150984,28	Paisajístico	El cuerpo de agua está ubicado a un lado del paso vehicular; se observan tuberías sobre el sistema.			
			Del Cuerpo de agua	No hay lámina de agua.			

Puntos de monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
Observaciones: punto seco					
137. Quebrada San Gregorio	N:	1196003,54	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 25 °C.	
	E:	1151001,07	Paisajístico	Se ubica bajo la vía, en un parche de bosque de intervenido.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: punto seco					
145. Q. La Nuéz	N:	1192991,92	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 25°C.	
	E:	1153176,03	Paisajístico	El cuerpo de agua está ubicado a un lado del paso vehicular, en cada orilla hay vegetación arbustiva, desechos y basura en el sistema.	
			Del Cuerpo de agua	No hay lámina de agua.	
Observaciones: punto seco					

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

5.1.6.1.1.1.1 Resultados UF 3

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de la Unidad Funcional 3 obtenidos por el laboratorio, se presentan de forma resumida en la Tabla 5-59 el detalle de los análisis de variación se presentan en el Anexo E3_Calidad de agua en el cual se incluye el informe completo de laboratorio. Como se mencionó anteriormente dependiendo del tipo de intervención prevista en cada cuerpo de agua, se desarrolló la campaña de monitoreo, por lo cual, para los cuerpos de agua denominados Quebrada La Culebra y Quebrada La Frisola, se determinaron los parámetros establecidos en el artículo 15 de la Resolución 631 de 2015 la cual establece los parámetros y límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales dependiendo el tipo de actividad a desarrollar.

Tabla 5-59. Resultados *In situ* y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS			DECRETO 1076/2015					
		DRENAJE NN 27	DRENAJE NN 26	67 AFLUENTE Q. LA CULEBRA	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
No. LABORATORIO IHA		54974	54973	54972						
No. LABORATORIO CIAN		3808	3807	3806						
No. CIMA		2781	2780	2779						
FECHA	A-M-D	2016-04-17	2016-04-17	2016-04-16						
HORA	h:min	14:02	9:30	9:30						
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	17	17	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	15,64	15,98	15,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,85	7,08	7,6	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	28	67	79	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	22	53	63	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,1	<0,1	0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,75	6,27	7,01	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	18	50	58	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BARIO	mg/L	0,8	0,8	0,9	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CADMO	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
COBRE	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	96	12	42	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	136	14	44	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
CROMO TOTAL	mg/L	<0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
DBO5	mg/L O ₂	3	3	4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O ₂	62	<5	9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	7	22	36	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	13	35	42	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,19	1,03	0,94	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	8,40	6,72	10,60	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NIQUEL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	0,005	<0,05	<0,14	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
S. SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	5	15	46	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	18	57	99	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	6,6	1,8	8,4	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	15	15	2	25	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.

NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS			DECRETO 1076/2015					
			V3 Q. LA VALENCIA	DRENAJE NN 28	DRENAJE NN 32	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
IN SITU	No. LABORATORIO IHA		54976	54977	54975						
	No. LABORATORIO CIAN		4144	4145	3809						
	No. CIMA		2796	2797	2782						
	FECHA	A-M-D	2016-04-18	2016-04-19	2016-04-18						
	HORA	h:min	16:30	13:10	11:55						
	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	17	18	18						
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	17,36	15,91	16,16						
ANÁLISIS DE LABORATORIO	pH	Unidades	7,55	7,25	7,78	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	20	38	14	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	15	30	11	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,3	0,5	1,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,25	5,51	7,45	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	11	26	9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	0,8	1,0	0,9	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CADMIO	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	12	299	56	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	13	313	57	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	CROMO TOTAL	mg/L	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DBO5	mg/L O ₂	3	5	3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O ₂	<5	28	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	<5	14	2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	8,5	17	6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	3,73	1,63	1,79	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	NITRÓGENO TOTAL	mg/L	10,10	5,04	10,60	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NÍQUEL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	0,06	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	S. SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	19	180	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	31	206	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIEDAD	NTU	7,5	97	0,4	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	15	15	2	25	N.E.	N.E.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.

NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		DECRETO 1076/2015					
			P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
IN SITU	No. LABORATORIO IHA		54971	2731						
	No. LABORATORIO ANTEK		34132	2749						
	No. LABORATORIO CIAN		3805	3585						
	No. CIMA		2778	2731						
	FECHA	A-M-D	2016-04-16	2016-04-15						
	HORA	h:min	14:10	12:10						
	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	21	25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	18,25	20,51	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	Unidades	7,82	7,46	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	137	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	102	20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,29	7,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CAUDAL	L/s	5,4	1255	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	76	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALUMINIO	mg/L	0,8	0,7	N.E.	N.E.	5	5	N.E.	N.E.
	ANTIMONIO	mg Sb/L	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	AOX	mg/L	<0,01	<0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	0,8	0,8	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	BERILIO	mg Be/L	<0,011	<0,011	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	N.E.
	BORO	mg/L	<0,137	<0,137	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5	N.E.	N.E.
	CADMIO	mg/L	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	CLORUROS	mg/L Cl-	<5	<5	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,03	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	11	103	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	12	114	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	COMPUESTO FENOLICOS SEMIVOLATILES	mg/L	<0,001	<0,001	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CROMO TOTAL	mg/L	0,12	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DOC	mg/L	17	68	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DBO5	mg/L	3	2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O2	11	54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ESTAÑO	mg/L	<0,229	<0,229	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	75	13	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	46	6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FORMALDEHIDO	mg/L	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	1,95	1,77	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,5	<0,5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS	mg/L	<0,0003	<0,0003	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<0,5	<0,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	HIERRO TOTAL	mg/L	<0,05	0,26	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.	N.E.
	LITIO	mg/L	<0,021	<0,021	N.E.	N.E.	2,5	N.E.	N.E.	N.E.
	MANGANESO	mg/L	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	MOLIBDENO	mg/L	0,3	0,2	N.E.	N.E.	0,01	N.E.	N.E.	N.E.
	NIQUEL	mg/L	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRATOS	mg/L N - NO3	2,3	<0,3	10	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRITOS	mg/L N - NO2	<0,003	<0,003	1	1	N.E.	10	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L N-NH3	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO TOTAL	mg/L	11,8	9,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ORTOFOSFATOS	mg PO43-/L	0,212	<0,06	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	30	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	113	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SULFATOS	mg/L SO4-2	2,9	2	400	400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SULFUROS	mg/L S-2	<4	<4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TENSOACTIVOS	mg/L LAS	0,168	0,292	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,5	0,5
	TITANIO	mg/L	<0,158	<0,158	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIDIDAD	NTU	1,08	7,3	N.E.	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.
	VANADIO	mg/L	<0,3	<0,3	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	0,03	0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.
	Arsenico	mg/L	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	BENCENO, TOLUENO, XILENO Y ETILBENCENO	mg/L	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CIANURO	mg/L	<0,05	<0,05	0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COBALTO	mg/L	<0,05	<0,05	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.	N.E.
	Fenoles	mg/L	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	COLOR REAL (436 Nm)	1/m	6,5	9,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (520 Nm)	1/m	5,7	8,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (620 Nm)	1/m	5,0	8,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FLUORUROS	mg/L de F-	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

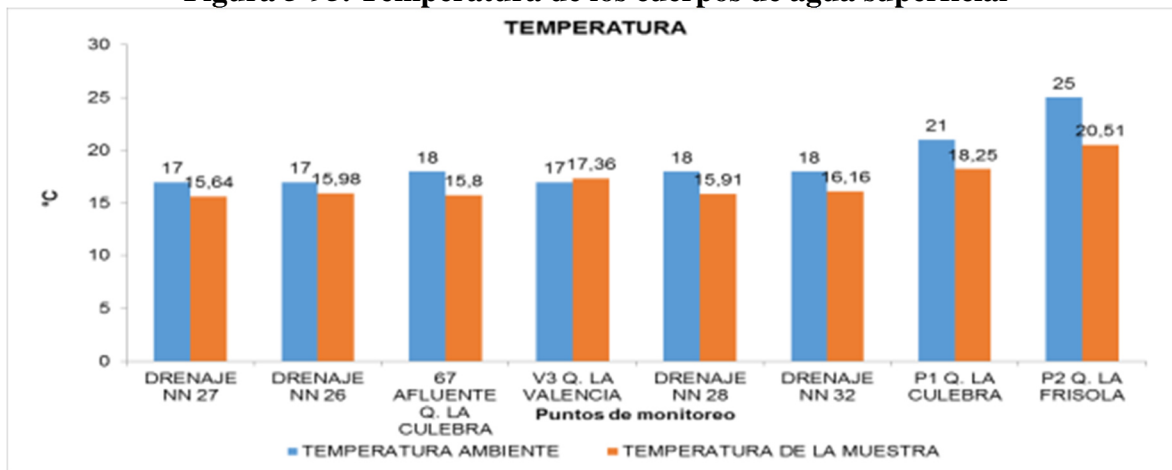
NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Temperatura

La temperatura es un parámetro de gran relevancia en los análisis de calidad del agua, debido a que influye en el grado de saturación del oxígeno disuelto y en la solubilidad de gases (Rodier et al., 2010); para el caso de los cuerpos de agua superficial monitoreados se reportaron valores acordes a las condiciones climatológicas de la zona (en la cual se registró una temperatura ambiente máxima de 25°C), presentando un comportamiento similar en los puntos de muestreo (Figura 5-95) con temperaturas entre los 21°C y 17 °C.

Figura 5-95. Temperatura de los cuerpos de agua superficial



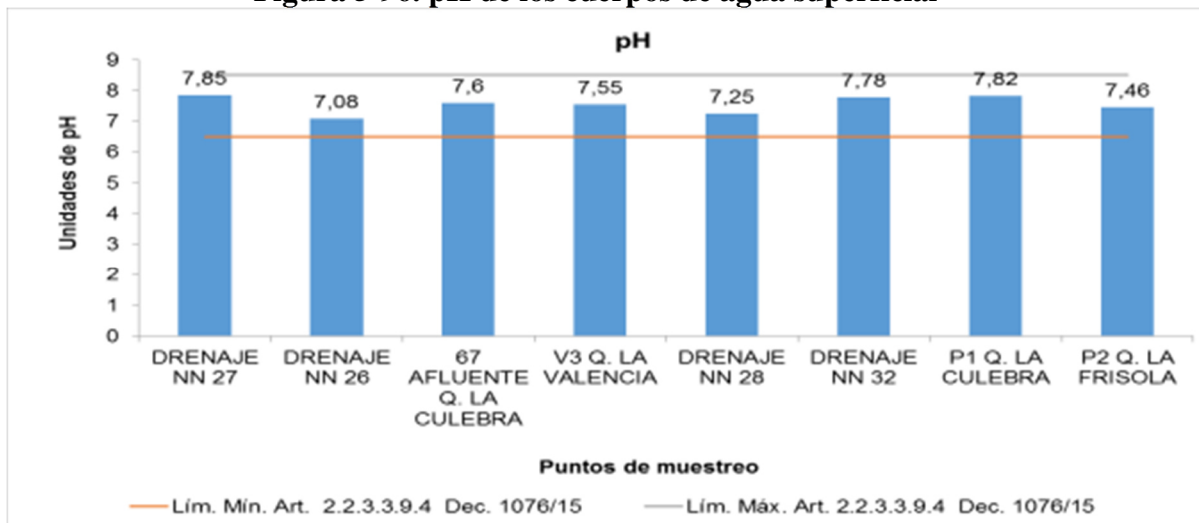
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

pH

El potencial de hidrogeno (pH) permite determinar las características básicas o alcalinas del agua, condición que influye en el desarrollo de la vida acuática y en la solubilidad de sustancias en el recurso hídrico (Rodier et al., 2010).

En relación a este parámetro en la Figura 5-96 es posible evidenciar un comportamiento similar en los 8 puntos de monitoreo, resultados que permiten determinar características neutras en los cuerpos de agua evaluados, exceptuando el Drenaje 27 con un valor de 7,85; teniendo en cuenta lo anterior, en relación a la normatividad vigente es posible determinar que los valores de pH obtenidos en todos los puntos se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos del Decreto 1076 de 2015, lo que permite que el agua sea apta para consumo humano (tratamiento previo), uso agrícola y con fines recreativos, no obstante se deberá tener en cuenta los resultados que se obtengan en los demás parámetros medidos.

Figura 5-96. pH de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un indicador de gran importancia en la evaluación de la calidad del recurso hídrico, debido a que permite determinar el grado de contaminación y las condiciones aerobias o anaerobias del cuerpo de agua evaluado (Rodier et al., 2010).

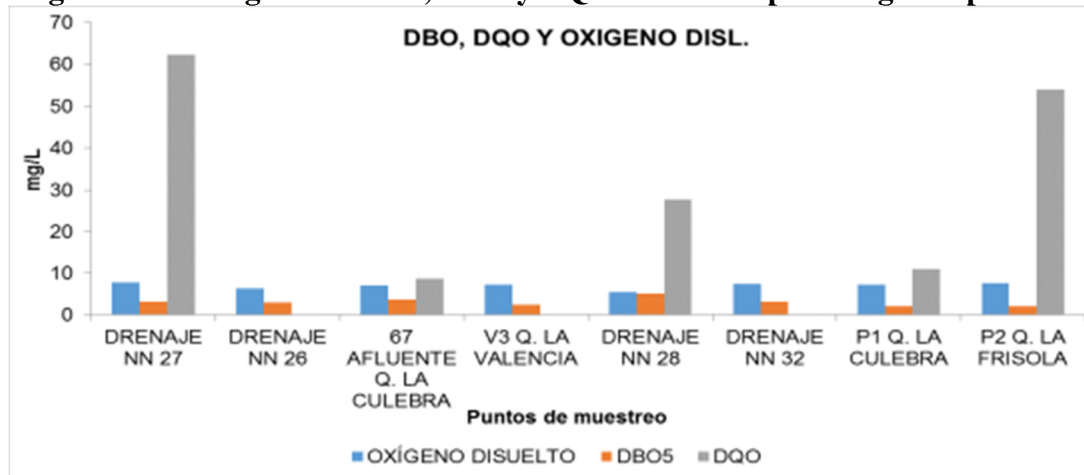
En relación a este parámetro es posible evidenciar que a lo largo de cada uno de los muestreos se mantuvo un valor promedio inferior a 10 mg/L de Oxígeno, registrándose la menor concentración de Oxígeno en el Drenaje 27; es importante mencionar que según estos valores es posible el establecimiento de ciertos organismos.

DBO y DQO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) permiten determinar el consumo de oxígeno durante la degradación de materia orgánica en el agua (Rodier et al., 2010). En relación al primer parámetro se registraron valores menores a 0,5 mg/L en los 8 puntos de monitoreo (Figura 5-97) evidenciando una carga orgánica baja, resultado posiblemente asociado a la ausencia de actividades antrópicas en la zona y a las elevadas pendientes.

En relación a la demanda química de oxígeno (DQO), se reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio en el punto Drenaje NN 32, por el contrario, se destacan los valores de la Quebrada la Frisola con un valor de 67 mg/L y para el Drenaje NN 27 con un valor de 60 mg/L de oxígeno.

Figura 5-97. Oxígeno disuelto, DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial.



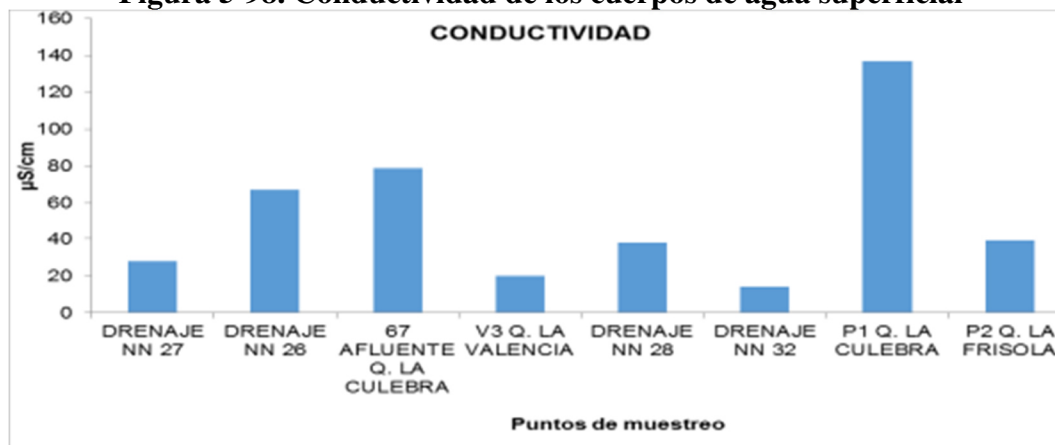
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Conductividad

La conductividad es un parámetro que permite determinar la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica, condición asociada al contenido de sales disueltas y al grado de mineralización que posee el recurso hídrico (Rodier et al., 2010). Teniendo en cuenta lo anterior, para el caso del presente estudio se reportó un valor máximo de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto Quebrada La Culebra, resultados que permiten clasificar al agua procedente de este sistema lotico como en una condición de “*mineralización media*”

Por otro lado y en contraste con lo mencionado anteriormente se reportó un valor cercano a los 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la mayoría de los puntos, como es el caso del Afluente Q. La Culebra; finalmente para el caso del Drenaje 32 se registro una condición de “*mineralización débil*”, con un valor de conductividad menor a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que el agua no posee condiciones de salinidad que alteren sus características fisicoquímicas, resultados posiblemente asociados a las características morfológicas y a las condiciones climatológicas de la zona, factores que según Rodier (2010) influyen en el arrastre de sales en el recurso hídrico (Figura 5-98).

Figura 5-98. Conductividad de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Diferentes tipos de sólidos

Los sólidos suspendidos totales tuvieron su valor más alto en el punto Drenaje NN 28, con un total de 170 mg/L; en contraste con este valor cabe mencionar que en el caso de los demás puntos se presentaron valores por debajo de 50 mg/L, permitiendo definir de esta manera que no existió un aporte significativo de sedimentos a los cuerpos de agua analizados. Por lo tanto estos resultados son favorables para la calidad estética del recurso hídrico; es importante mencionar que la normatividad vigente no establece límites permisibles en relación a este parámetro (Figura 5-99).

Para el caso de los sólidos disueltos totales es posible evidenciar que en el punto Q. La Culebra se obtuvo un valor cercano a los 100 mg/L, a diferencia de la mayoría de puntos con un valor menor a 30 mg/L; en relación a la cantidad de sólidos encontrados, se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas de la zona y el régimen fluvial del recurso, lo que finalmente influye en el arrastre de sólidos en estos cuerpos de agua.

Los sólidos sedimentables se midieron *in situ* por medio de un cono Imhoff, reportando valores inferiores al límite de la técnica empleada en campo (<0,1 mL/L) en la totalidad de puntos de monitoreo correspondiendo a un valor acorde a las condiciones naturales de las aguas superficiales y al nivel de turbiedad que posee el recurso por lo tanto no altera la calidad estética del mismo, sin embargo se puede observar el drenaje NN 28 el cual es el punto en el cual se tienen los valores más altos con respecto a sólidos; así mismo al observar el parámetro de turbiedad analizado más adelante se tiene entre ellos una relación totalmente directa.

Figura 5-99. Diferentes tipos de sólidos.



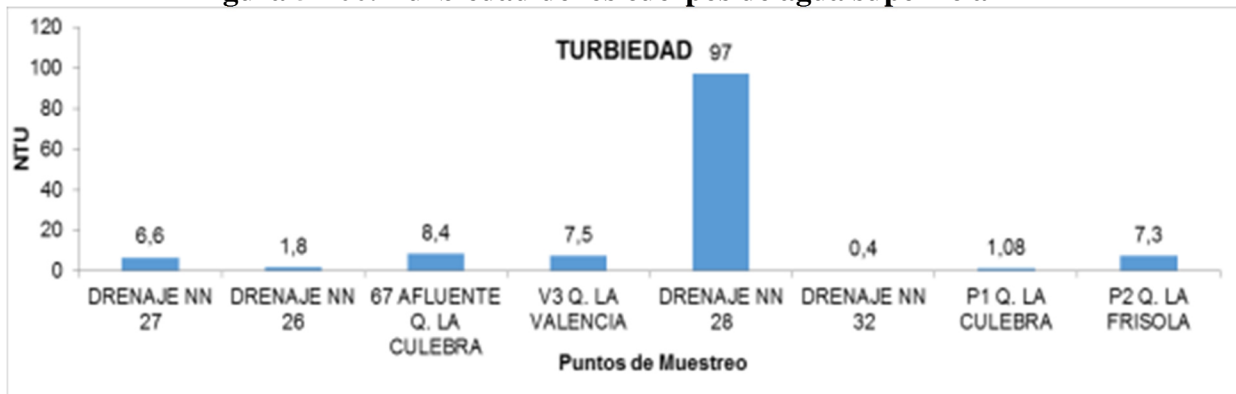
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Turbiedad

La turbiedad es un parámetro que permite determinar el grado de transparencia del recurso hídrico, condición asociada al material orgánico, inorgánico y partículas en suspensión presentes en el agua (Rodier et al., 2010).

En relación a este parámetro se reportó un valor por debajo del límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<1) correspondiente al Drenaje NN 32, en contraste, para el caso del punto Drenaje NN 28 se obtuvo un valor de 97 NTU que aún siendo altos frente a los demás registros, cumple con los 190 NTU establecidos como límite máximo permisible del Decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.3.9.4. Para los demás cuerpos de agua se consideran favorables los valores registrados, en relación con la calidad estética del recurso. (Figura 5-100).

Figura 5-100. Turbiedad de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

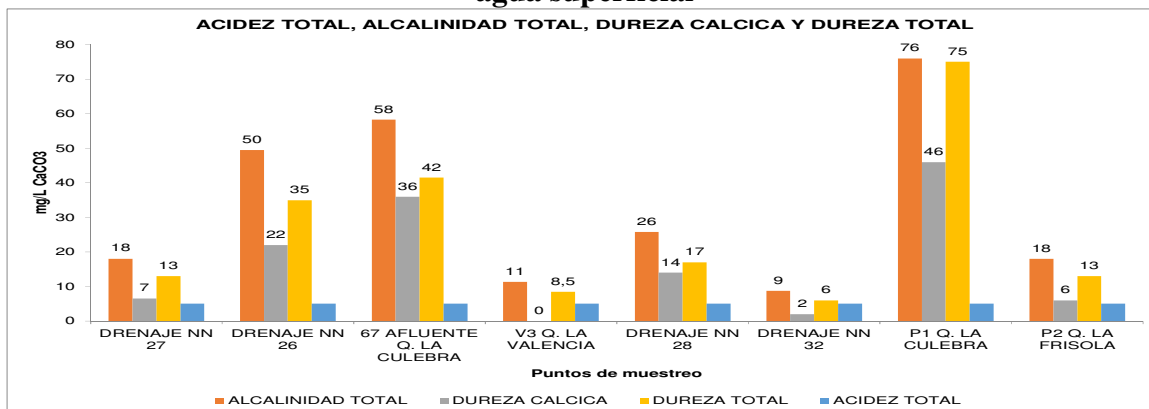
Alcalinidad total, Dureza cálcica, Dureza total y Acidez

La alcalinidad total hace referencia a la capacidad del agua para neutralizar ácidos y se encuentra asociada a la presencia de elementos carbonatos y bicarbonatos en el recurso hídrico. De acuerdo a los resultados obtenidos en el monitoreo para la mayoría de las estaciones de muestreo se obtuvo un valor superior a 50 mg/L CaCO_3 , sin embargo en el caso de las estaciones Quebrada La Valencia, Drenaje NN 23 y La Frisola este valor fue cercano a 23 mg/L CaCO_3 (Figura 5-101), asociado posiblemente a la presencia de carbonatos, producto del poco arrastre de sedimentos en el suelo, resultados acordes al pH obtenido.

La dureza total reportó valores altos en puntos como la Quebrada La Culebra, con una concentración de 80 mg/L CaCO_3 , mientras que para los demás puntos de muestreo se presentó un valor bajo; este escenario está posiblemente asociados a las condiciones geomorfológicas del suelo, al tipo de material parental por el cual pasan los cuerpos de agua y a pocas precipitaciones días previos, lo cual disminuye el arrastre de sales (incluidas el calcio y magnesio) en los cuerpos de agua (Figura 5-101).

La acidez total para todos los puntos de muestreo fue menor al límite de cuantificación de la técnica analítica 5 mg/L CaCO_3 .

Figura 5-101. Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

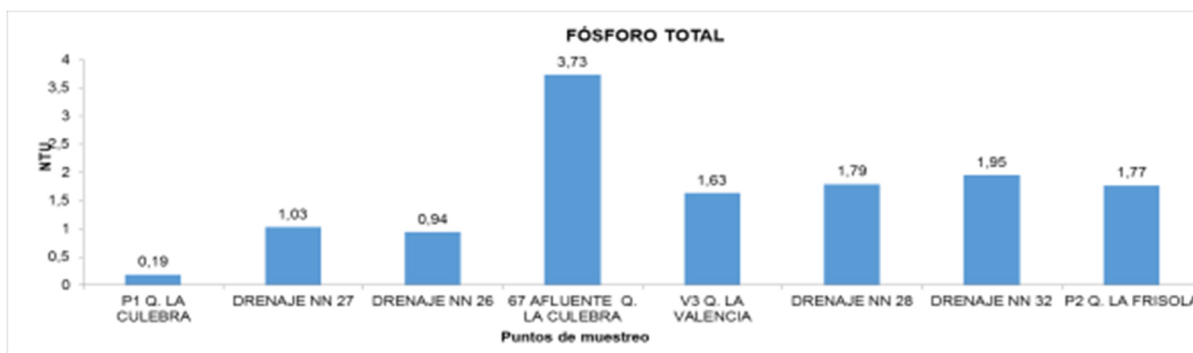
Fósforo total y Nitrógeno total

El fósforo es un elemento que se encuentra de forma natural en los cuerpos de agua, siendo un factor clave en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo en cantidades considerables contribuye junto al nitrógeno a la eutrofización del recurso hídrico (Rodier et al., 2010). En relación al parámetro fósforo total en todos los puntos de muestreo se reportaron valores superiores a ($<0,02$ mg/L P); indicando posiblemente que los cuerpos de agua poseen

condiciones de eutrofización las cuales están alterando las características fisicoquímicas del recurso hídrico (Figura 5-102).

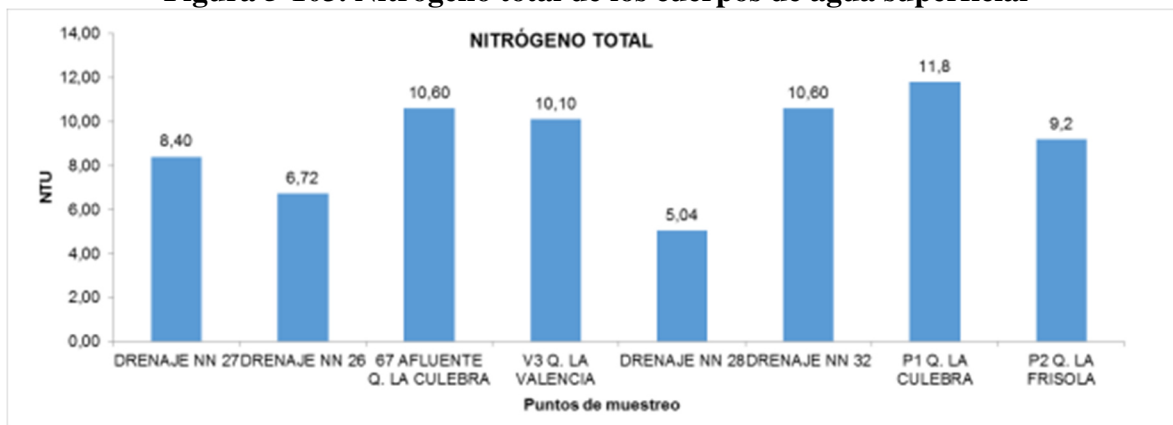
Por otra parte, el nitrógeno total presentó en todos los puntos de muestreo concentraciones superiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (5 mg N/L) siendo el valor más alto, el reportado en la Quebrada La Culebra 11,8 mg N/L, lo cual indica que existe presencia de materia orgánica y material vegetal que incrementa este parámetro.

Figura 5-102 Fosforo total de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-103. Nitrógeno total de los cuerpos de agua superficial



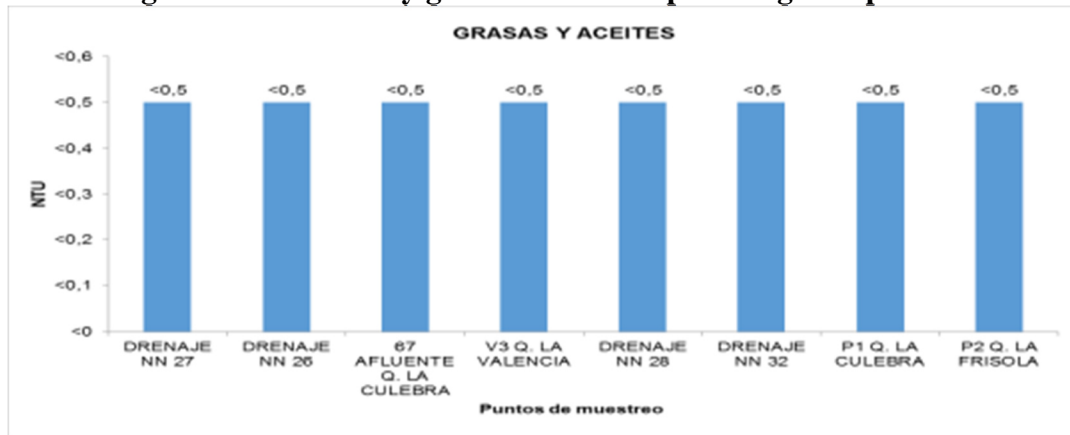
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Grasas y Aceites

Las grasas y aceites reportaron en todos los puntos de monitoreo valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<0.5 mg/L), indicando que los cuerpos de agua evaluados poseen trazas mínimas de estos compuestos orgánicos, y por lo tanto, no forman películas que alteren la oxigenación y la calidad estética del recurso hídrico.

En relación a la normatividad vigente, es posible determinar que los valores registrados en todos los cuerpos de agua cumplen las condiciones establecidas en los artículos de Decreto 1076 de 2015, resultado que permite determinar que en relación a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos; teniendo en cuenta claramente los demás parámetros. (Figura 5-104).

Figura 5-104 Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial



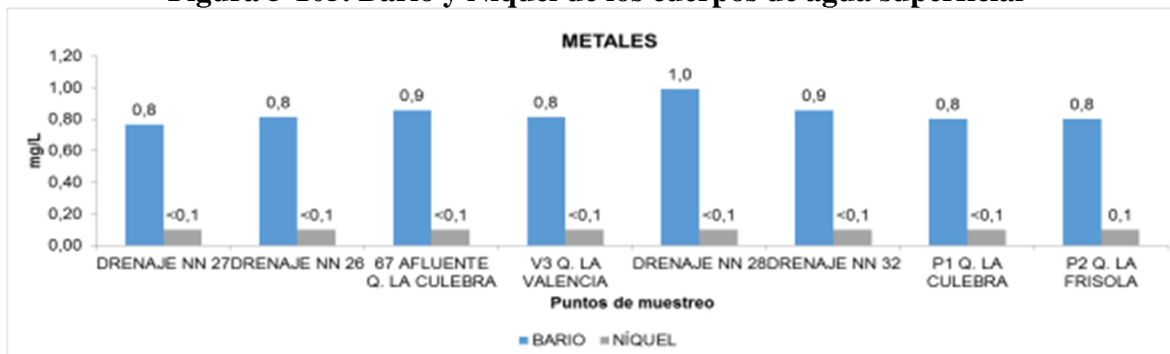
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Bario y Níquel

Entre los diversos efluentes generados por diversas industrias, se encuentran las aguas de producción, que son mezclas complejas de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos y disueltos, cuya composición varía con el origen y el tiempo de explotación del yacimiento al cual pertenecen. Dentro de dichos componentes se encuentra el Bario, metal pesado cuya concentración en estos efluentes puede exceder los límites permisibles exigidos por la legislación vigente, constituyéndose en un problema de gran importancia ambiental (Ministerio de Salud, 1983, 1984 y OMS, 1990), pero para los cuerpos de agua estudiados, este metal no presenta ningún conflicto debido a que las concentraciones reportadas para la totalidad de puntos de muestreo se encuentra por debajo del límite máximo permisible (<1 mg/L) establecido en el Decreto 1076 de 2015 (Figura 5-105).

En relación al contenido de Níquel en los puntos de muestreo se ha evidenciado que bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana. Todos los cuerpos de agua presentaron concentraciones menores al límite inferior de la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,1 mg/L), cumpliendo con el Artículo 40 del Decreto 1076 de 2015, al no superar los 0,2 mg/L establecidos.

Figura 5-105. Bario y Níquel de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

METALES

Aluminio



Este parámetro solo fue analizado para los puntos Quebrada La Culebra, y Quebrada La Frisola por ser considerados como puntos de vertimientos (acorde con lo establecido con la Resolución 631 de 2015) obteniéndose 0,8 mg/L y 0,7 mg/L respectivamente; estos valores son indicativos de la no existencia de aportes por acción de industrias como la alimenticia, farmacéutica y del papel, con las cuales se relaciona generalmente los aportes de este elemento al agua. En cuanto a los limites permisibles establecidos en el decreto 1076 de 2015, los valores registrados con los valores establecidos para el uso del recurso en actividades agrícolas y pecuarias, siendo estos los únicos reglamentadas en la norma.

Antimonio

Al igual que el aluminio, este parámetro se determinó únicamente para los puntos Quebrada La Culebra, y Quebrada La Frisola, por requerimiento de la Resolución 631 de 2015. En este caso se obtuvo un valor menor al límite de detección considerado por el laboratorio (0.01 mg Sb/L) siendo esta la concentración típica en las aguas superficiales y subterráneas. En cuanto al cumplimiento normativo, es de anotar que este parámetro no está considerado dentro del decreto 1076 de 2015.

Berilio

Las concentraciones obtenidas para este parámetro en los puntos Quebrada La Culebra, y Quebrada La Frisola fueron menores a 0,011 mg/L, el cual es el límite de detección del equipo empleado por el laboratorio, lo cual permite indicar que se encuentra dentro de los límites permitidos por el decreto 1076 de 2015.

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

Boro

El boro es un elemento que es liberado al aire, suelo y agua a través de los procesos de erosión, por otro lado, se le debe adicionar que los humanos utilizan este elemento en las industrias del vidrio, sin embargo la liberación de Boro por los humanos es más pequeña que las concentraciones liberadas por procesos naturales de erosión. Teniendo en cuenta lo anterior, para la Quebrada La Culebra, y la Quebrada La Frisola se encuentran dentro del límite normativo de <0.137 mg/L establecido en el Decreto 1076 de 2015, como se ha mencionado antes, este t metal se midió únicamente en los puntos considerados para entrega de los vertimientos que se prevé generarán las actividades constructivas.

Cadmio

El cadmio es considerado especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas; afecta principalmente a los micro moluscos (no se desarrolla la concha) y puede llegar a producir graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. Para todos los cuerpos de agua evaluados, la concentración de esta sustancia fue menor a 0,05 mg/L (Figura 5-106), valor equivalente al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, valor que cumple con la norma, al ser inferior a lo establecido en Decreto 1076 de 2015.

Cloruros

Este parámetro solamente fue tenido en cuenta en el caso de los puntos Quebrada La Culebra, y la Quebrada La Frisola, para estos casos se obtuvo un valor menor al límite de detección (5 mg/L), indicando que se encuentra por debajo de los límites permisivos en el Decreto 1076 de 2015.

Cobre

Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO₂. Para todos los puntos sus valores fueron inferiores a 0,03 mg/L (Figura 5-106) cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015.

Cromo total

Su toxicidad varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación. La concentración de cromo fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica empleada por el laboratorio (0,05 mg/L) en la mayoría de puntos de monitoreo (Figura 5-106) a excepción del Drenaje NN 28, Drenaje NN 32 y Quebrada La Culebra los cuales reportaron concentraciones de Cromo de 0,07 mg/L para los primeros dos puntos y de 0,12 para el último punto, encontrándose por

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

encima del límite máximo permisible establecido por el el Decreto 1076 de 2015 de 0,05 mg/. Estos valores pueden estar asociados al tipo de suelo por el cual discurren las corrientes, los cuales serian aportantes naturales de cromo o por acción antrópica de procesos de curtido, pigmentos de textiles, aleaciones, catalizadores, agentes anticorrosivos, baterías, fungicidas, recubrimientos metálicos, electrogalvanizados, entre otros, sin embargo, durante la verificación de campo, no se identificaron industrias como las indicadas.

Estaño

En el caso de los puntos Quebrada La Culebra, y la Quebrada La Frisola donde fue medido este parámetro, se obtuvo un valor menor a 0,229 mg/L, el cual es atribuible al uso de pesticidas en la zona. En cuanto al límite normativo a tener en cuenta, es de mencionar que el Decreto 1076 de 2015 no establece un valor de referencia. Estos parámetros al igual que el Formaldehído, Hierro total, Litio, Manganeseo, Molibdeno, Ortofosfatos se midieron únicamente en los puntos donde habrá posible vertimiento.

Formaldehído

Las concentraciones de Formaldehído obtenidas en la Quebrada La Culebra, y la Quebrada La Frisola se encontraron por debajo de 0,2 mg/L, asociado principalmente al uso de abonos en la agricultura, su concentración se considera baja y no se encuentra contemplado dentro del decreto 1076 de 2015.

Hierro total, Litio y Manganeseo

Las mediciones de hierro efectuadas en la Quebrada La Culebra, y la Quebrada La Frisola presentaron valores de <0,05 mg/L y 0,26 mg/L respectivamente, el cual se encuentra dentro de los límites establecidos por el decreto 1076 de 2015; para el caso del Litio en ambos puntos se encontró un valor de <0,021 mg/L, sin embargo, no se consideran valores limite permisibles en la normatividad.

En el caso de Manganeseo se determinó un valor menor a 0,03 mg/L, siendo este por debajo del límite normativo establecido para el uso del recurso en actividades pecuarias y agrícolas.

Mercurio

Cuando está presente en agua de consumo de una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida preparada con dicha agua. En su totalidad, los puntos evaluados presentaron concentraciones por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada por el laboratorio (0,0019 mg/L) cumpliendo con el límite máximo permisible de 0,002 mg/L establecido en el Decreto 1076 de 2015 (Figura 5-106).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Molibdeno

La medición de Molibdeno en el punto Quebrada La Culebra presento un valor de 0,3 mg/L, mientras que en el punto Quebrada La Frisola arrojó un valor de 0,2 mg/L. En ambos casos, se encuentran por fuera del rango establecido para uso agrícola por el Decreto 1076 de 2015 de 0,01 mg/L. Los valores registrados pueden ser atribuibles a las actividades agrícolas desarrolladas en la parte alta de las corrientes en las cuales se emplean pesticidas y abonos que pueden llegar a contener esta sustancia.

Plata

Las emisiones de plata se encuentran tradicionalmente ligadas a vertidos industriales y mineros, y en particular relacionadas con la industria de la fotografía. La plata es uno de los elementos más nocivos para la comunidad microbiana y los invertebrados que viven en los ecosistemas acuáticos, a pesar de la baja toxicidad para los seres humanos. En los Decreto 1076 de 2015 se encuentra estipulado como límite máximo un valor de 0,05 mg/L, valor que es superado solo en los cuerpos de agua Drenaje NN 28 y Quebrada Afluyente la Culebra con valores de 0,6 mg/L y 0,14 mg/L respectivamente, los demás puntos presentaron una concentración menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,05) mg/L (Figura 5-106).

Plomo

Compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano que igualmente puede ocasionar afectación a la fauna acuática, en todos los puntos de muestreo su concentración fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,05 mg/L), por lo cual se puede establecer que se cumplen con el límite máximo permitido de 0,05 mg/L establecido en el Decreto 1076 de 2015 (Figura 5-106).

Selenio

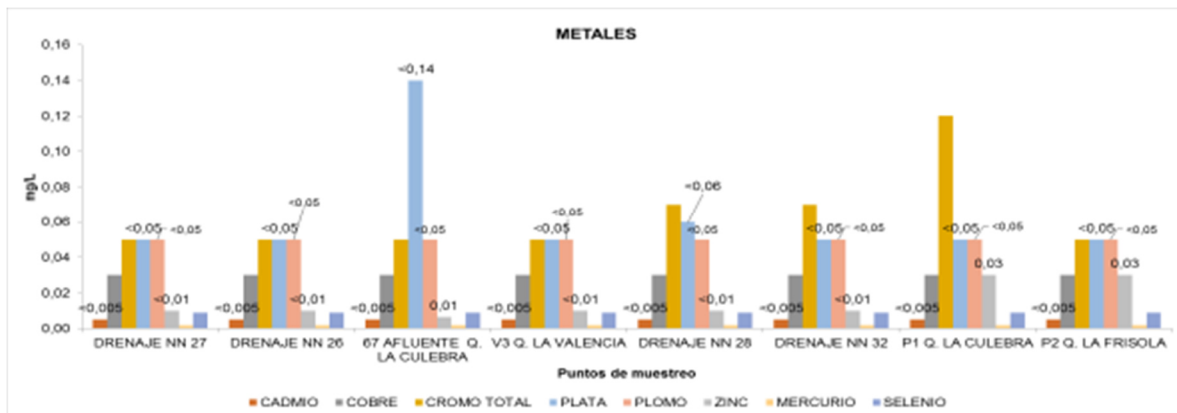
El selenio es un elemento que, dependiendo de su concentración y forma química, puede ser un elemento esencial o un agente tóxico poderoso para la gente, el ganado, aves acuáticas, peces y ciertas bacterias (Frankenberger y Benson, 1994; McKeown y Mariñas, 1986). Las concentraciones de Selenio en todos los puntos evaluados estuvo por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,009 mg/L), cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015, al no sobrepasar el límite máximo permisible de 0,01 mg/L (Figura 5-106).

Zinc

Es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar

opalescencia en concentraciones de 5 mg/L. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales. Todos los cuerpos de agua, a excepción de los puntos Quebrada La Culebra y Quebrada La Frisola, presentaron una concentración por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio ($<0,01$ mg/L), para los puntos indicados, se reporto una concentración de 0,03 mg/L cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015. Figura 5-106

Figura 5-106 Metales presentes en los cuerpos de agua superficial

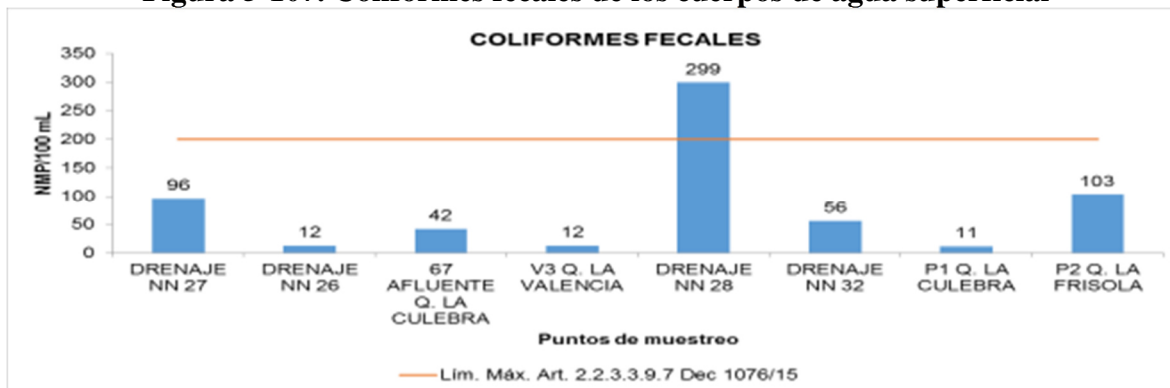


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Coliformes Fecales

En relación a los parámetros bacteriológicos, los coliformes fecales reportaron valores que oscilan entre 11 NMP/100 mL y 229 NMP/100 mL en los 8 puntos de monitoreo, evidenciándose que en el Drenaje NN 28 se presentó la carga bacteriológica más alta, con un total de 299 NMP/100 mL; en este caso es importante mencionar que no se cumple con los límites establecidos en el Decreto 1076 de 2015 para el uso del recurso para consumo humano, uso agrícola y fines recreativos; en relación a los demás puntos evaluados todos cumplen con la anterior norma. (Figura 5-107).

Figura 5-107. Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial

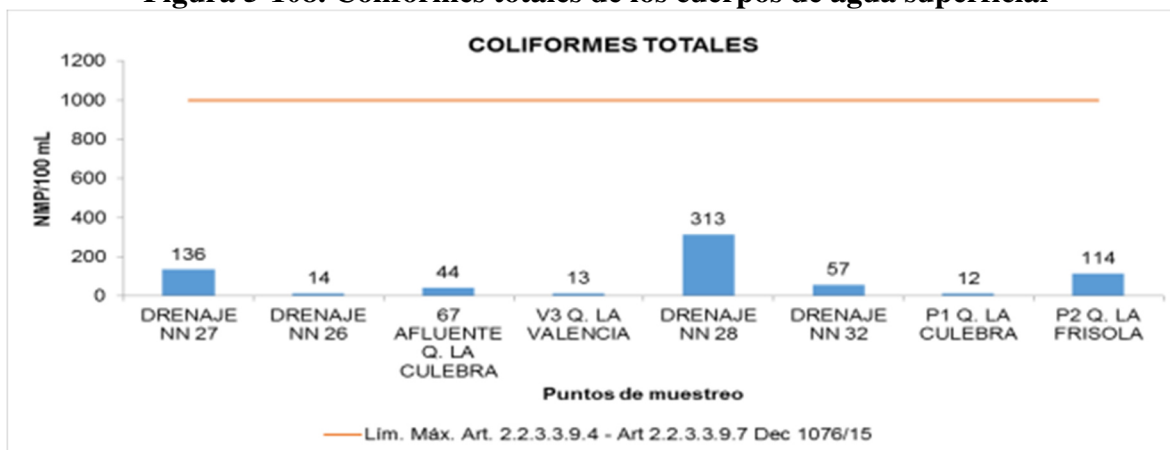


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Coliformes totales

De acuerdo a los resultados obtenidos de coliformes totales es posible determinar que el valor registrado para las estaciones de muestreo cumplen con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015, al presentar concentraciones por debajo de los 1000 NMP/100 mL, resaltando que las concentraciones más elevadas fueran las presentadas en el Drenaje NN 28 con 313 NMP/100 mL (Figura 5-108).

Figura 5-108. Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Ortofosfatos

El parámetro, ortofosfatos no se encuentra contemplado en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, se resalta que el punto Planta 1 Quebrada la Culebra se obtuvo un valor de 0,212 mg/L, en contraste con lo anterior en el caso del punto Planta 2 Quebrada La Frisola el valor reportado fue menor al límite de detección utilizado por la

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

técnica empleada en el laboratorio en cual tuvo un valor <0.06 mg/L.(Únicamente se realizó medición en los posibles puntos de vertimientos).

5.1.6.1.1.1.2 Resultados UF 1

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de la Unidad Funcional 1 obtenidos por el laboratorio se presentan de forma resumida en la Tabla 5-60 el detalle de los análisis se presentan en el Anexo E3 en el cual se incluye el informe completo de laboratorio

.

Tabla 5-60. Resultados In situ y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				DECRETO 1076/2015					
			51 Q. Guaracú I	52. C. El Garabato	57. Q. La San Juan	58. C. El Gustazo	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
			N.A	N.A	N.A	N.A						
	No. LABORATORIO IHA		53615	53616	53618	53619						
	No. CIMA		N.A	N.A	N.A	N.A						
	FECHA	A-M-D	2016-03-14	2016-03-14	2016-03-15	2016-03-15						
IN SITU	HORA	h:min	9:29	12:29	9:25	11:00						
	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	27	30	26	25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	23,58	23,38	22,58	22,45	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	Unidades	8.11	8.67	7.79	7.48	5 - 9	6.5 - 8.5	4.5 - 9.0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	188	316	202	201	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	125	165	138	115	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CAUDAL	L/s					N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	8.35	7.73	7.58	7.02	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	21,54	82,07	30,78	40,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	19,19	37,42	113,22	98,83	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,00	1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	430	210	110	1100	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	2015	5493	2851	11980	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	COLOR REAL (436 Nm)	1/m	1,1	1,7	0,3	0,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (520 Nm)	1/m	0,3	0,5	<0,2	0,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (620 Nm)	1/m	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CROMO TOTAL	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DBO ₅	mg/L O ₂	17,8	31,2	12,9	12,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O ₂	40,04	70,2	<32,0	<32,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CÁLCICA	mg/L CaCO ₃	77,22	132,21	86,58	45,63	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	78,39	183,69	98,87	50,31	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,05	0,06	0,04	0,12	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	NÍQUEL	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	0,030	0,032	<0,009	0,028	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	33,0	<20,0	<20,0	28,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	198,0	192,0	234,0	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIDIDAD	NTU	1,2	<1,0	3,5	4,2	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.

PARÁMETRO		UNIDADES					DECRETO 1076/2015					
			59. Drenaje NN04	60. Q. La Murrupala	62. La Gasapera (Q. La San Juana II)	63. Piedra Negra	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
No. LABORATORIO IHA		53620	53621	53622	53623							
No. CIMA		N.A	N.A	N.A	N.A							
FECHA	A-M-D	2016-03-15	2016-03-16	2016-03-16	2016-03-16							
HORA	h:min	13:25	9:05	10:46	13:05							
IN SITU	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	27	25	25	22	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	25.23	21.5	21.12	21.05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	Unidades	7.5	7.75	7.92	7.17	5 - 9	6.5 - 8.5	4.5 - 9.0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	205	215	166	205	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	97	150	117	115	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CAUDAL	L/s					N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7.45	7.17	6.52	7.12	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	40,01	37,96	51,3	46,17	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	63,33	110,82	103,63	114,18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ARSÉNICO	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,00	1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	350	210	110	70	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	3076	2224	721,5	1287	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	COLOR REAL (436 Nm)	1/m	1,3	1,1	0,2	1,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (520 Nm)	1/m	0,5	<0,5	0,2	0,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (620 Nm)	1/m	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CROMO TOTAL	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DBO5	mg/L O ₂	27,5	14,5	6,3	13,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O ₂	62,0	32,6	<32,0	<32,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CÁLCICA	mg/L CaCO ₃	33,93	79,56	81,9	76,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	36,27	97,11	83,07	85,41	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,29	0,04	0,03	0,03	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	NIQUEL	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	33,5	<20,0	<20,0	<20,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	192	224	187	182	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIEDAD	NTU	10,7	<1,0	<1,0	<1,0	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.

	PARÁMETRO	UNIDADES	DECRETO 1076/2015										
			138. Q. Saltos y Pisquines	146. Q. La Cola	147. Q. La Volcana Guayabal	150. Drenaje NN01	151. Quebrada La Frisola	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
No. LABORATORIO IHA		53624	53625	53626	53627	54882							
No. CIMA		N.A	N.A	N.A	N.A	2731							
FECHA	A-M-D	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-17	2016-03-18	2016-04-15							
IN SITU	HORA	h:min	9:05	11:45	13:05	9:24	12:10						
	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	23	23	23	22	25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	20,34	19,62	18,35	20,15	20,51	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	Unidades	7.58	7.7	8.04	7.87	7.46	5 - 9	6.5 - 8.5	4.5 - 9.0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	178	173	40	148	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	122	125	30	106	20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CAUDAL	L/s					1255	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	5,59	6,66	7,91	6,53	7,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	48,22	22,57	18,47	14,36	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	112,26	55,65	38,38	6,72	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ARSENICO	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	0,8	1,00	1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	94	120	14	63	103	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	3314	727	100,5	1607	114	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	COLOR REAL (436 Nm)	1/m	0,6	1,7	1	1,1	9,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (520 Nm)	1/m	<0,2	1,1	0,2	0,6	8,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (620 Nm)	1/m	<0,2	0,6	<0,2	<0,2	8,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CROMO TOTAL	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DBO5	mg/L O ₂	12,9	14,2	6,6	17,6	10,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O ₂	<32,0	32,0	<32,00	39,5	54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	76,05	29,25	2,5	2,5	6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	84,24	31,59	6	6	13	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	NÍQUEL	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	120,3	<20,0	<20,0	<20,0	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	308	184	70	124	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIEDAD	NTU	<1,0	<1,0	<1,0	1,0	7,3	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.

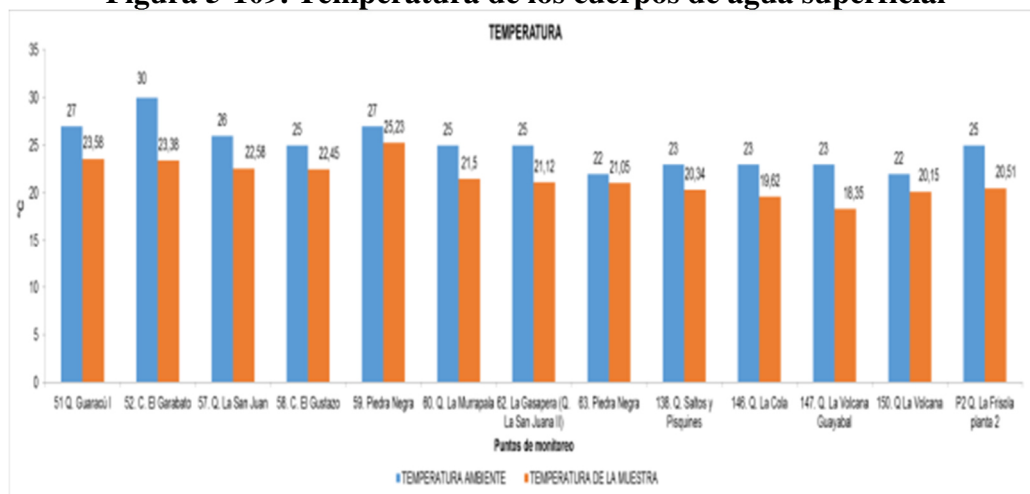
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

A continuación se presentan los resultados para la Unidad Funcional 1, se debe tener en cuenta que para este caso no se incluyeron cuerpos de agua para vertimientos.

Temperatura

En relación a este parámetro se reportaron valores acordes a las condiciones climatológicas de la zona, presentando un comportamiento similar en las 13 estaciones de muestreo. Las temperaturas de los cuerpos de agua se registraron entre los 18,25°C y 25,23°C, estando todos por debajo de la temperatura ambiente medida al momento del monitoreo. (Ver Figura 5-109).

Figura 5-109. Temperatura de los cuerpos de agua superficial



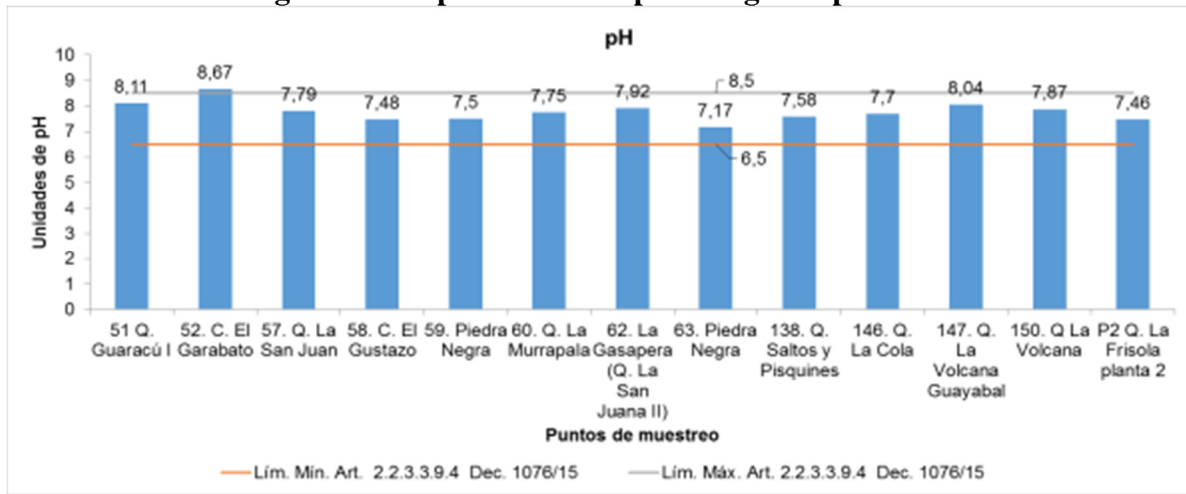
Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

pH

Teniendo en cuenta la información relacionada con el potencial de hidrógeno (pH) para cada una de las muestras se puede establecer las características básicas o alcalinas del agua, condición que influye en el desarrollo de la vida acuática y en la solubilidad de sustancias en el recurso hídrico (Rodier et al., 2010).

En relación a este parámetro en la Figura 5-110 es posible evidenciar un comportamiento similar en la estaciones de muestreo de características neutras, exceptuando los puntos Caño Garabato y Quebrada Guarucú I, sin embargo, en ninguno de los puntos de medición se determinó un pH de carácter ácido; en relación a los límites establecidos por la norma se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 de 2015, lo que permite afirmar que partiendo únicamente de este parámetro, el agua es apta para consumo humano (tratamiento previo), uso agrícola y fines recreativos; se exceptua de este grupo el Caño El Garabato por presentar un pH por encima de 8.5 no siendo apto el recurso para consumo humano (previa desinfección)

Figura 5-110. pH de los cuerpos de agua superficial

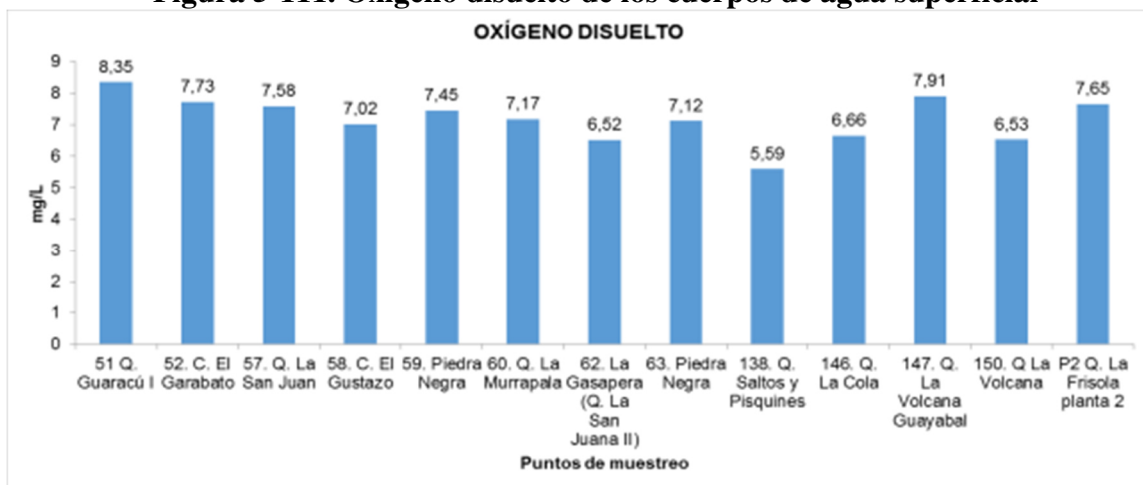


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Oxígeno Disuelto

Se estableció que en el caso de la estación Quebrada Guaracú I se obtuvo el valor más alto para este parámetro, con un total de 8,35 mg/L; en la mayoría de los puntos este parámetro registro valores cercanos a 7 mg/L, entre los que se destacan las estaciones Quebrada La Volcana Guayabal y Piedra Negra; finalmente en el caso de los puntos Saltos y Pisquines y Quebrada La Volcana este valor no superó los 6,5 mg/L (Figura 5-111), las variaciones de este parámetro se relacionan directamente con los registros de DBO y DQO que se exponen a continuación.

Figura 5-111. Oxígeno disuelto de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

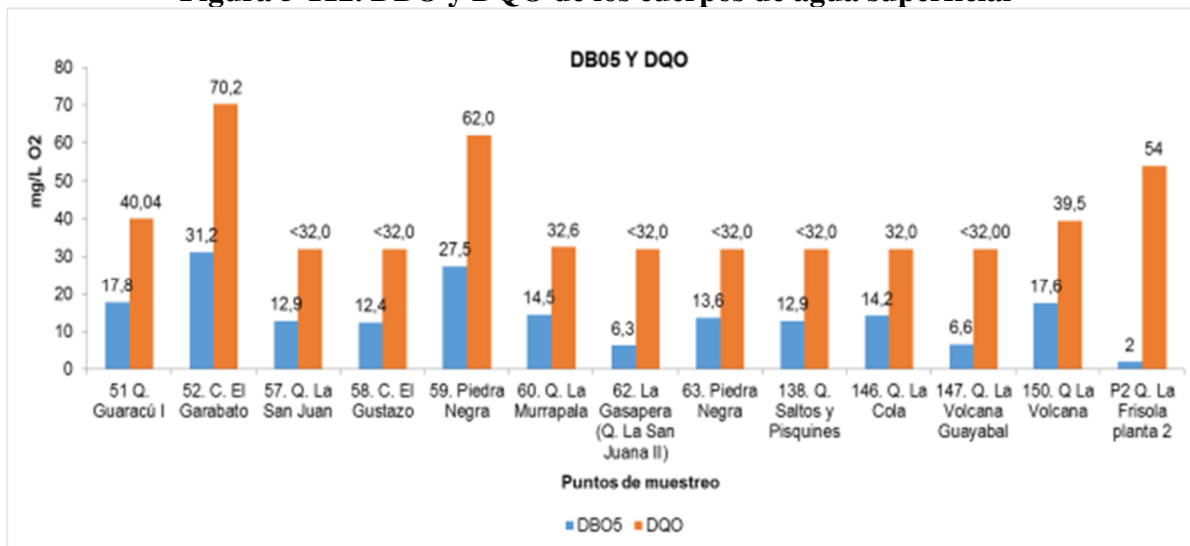
DBO y DQO

En relación a la DBO₅ se estableció un valor máximo de 31,2 mg/L, determinado en la estación Caño El Garabato; en segundo lugar se ubicó la estación 59. Piedra Negra con un total de 27,5 mg/L; finalmente en las demás estaciones de muestreo el valor descrito no superó un valor de 15 mg/L O₂.

En relación a la DQO, se destacó la estación Caño El Garabato, registrando un valor de 70,2 mg/L O₂; siendo acorde al resultado de DBO₅ y la Quebrada Guaracú con un total de 40,04 mg/L. A diferencia del parámetro DBO₅, para la DQO los valores obtenidos en los once (11) puntos restantes presentaron un comportamiento uniforme, encontrándose dentro de un rango inferior a 32 mg/L (Figura 5-112). Tomando en consideración los valores de estos dos parámetros se debe tener en cuenta que en los puntos en los que la DBO₅ es alta es posible que exista algún tipo de intervención ya sea de carácter antrópica que permita, por un lado el aumento de materia orgánica depositado en el lecho de los cuerpos de agua, y por el otro, el aumento en la cantidad necesaria de oxígeno para degradarla, lo que podría implicar procesos anaeróbicos de degradación en estos cuerpos de agua.

Finalmente es importante relacionar que se presenta actividad antrópica en sus alrededores, sean cultivos, tránsito de personas o vehículos, entre otros, lo que incide claramente en los resultados obtenidos, principalmente para los cuerpos de agua denominados Caño El Garabato y Quebrada Guaracu.

Figura 5-112. DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial

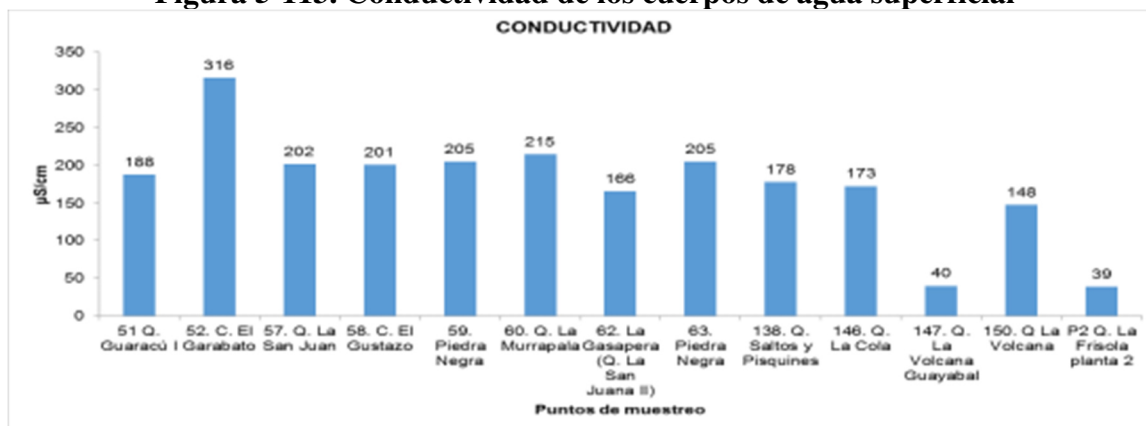


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Conductividad

En relación a este parámetro se reportaron valores que oscilan entre 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 316 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los 13 cuerpos de agua monitoreados, con una mineralización “*muy débil*” en los puntos Quebrada La Volcana Guayabal y Quebrada La Frisola Punto 2, *mineralización débil*” en los puntos Quebrada Guaracú, Q. La Gasapera, Q. Saltos y Pisquines, Q La Cola y Quebrada La Volcana y “*mineralización media acentuada*” en la Q. El Garabato, Q. La San Juan, C el Gustazo, Piedra negra y Q. La Murrapala.

Figura 5-113. Conductividad de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

En contraste con lo anterior se encontró otro comportamiento para la conductividad, en este segundo grupo se determinó una condición de “*mineralización media*”; con valores de conductividad en un rango promedio de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pertenecientes a este grupo se encontraron, entre otras, las estaciones Caño El garabato, Quebrada La San Juan y piedra negra. Finalmente en este caso los puntos Quebrada Volcana y Quebrada la Frisola tuvieron una condición de “*mineralización débil*” con valores de conductividad menores a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los anteriores valores permitieron definir que el agua procedente de estos cuerpos hídricos no posee condiciones de salinidad que alteren sus características fisicoquímicas, resultados posiblemente asociados a las características morfológicas y a las condiciones climatológicas de la zona, factores que según Rodier (2010) influyen en el arrastre de sales en el recurso hídrico.

Sólidos disueltos y sólidos sedimentables

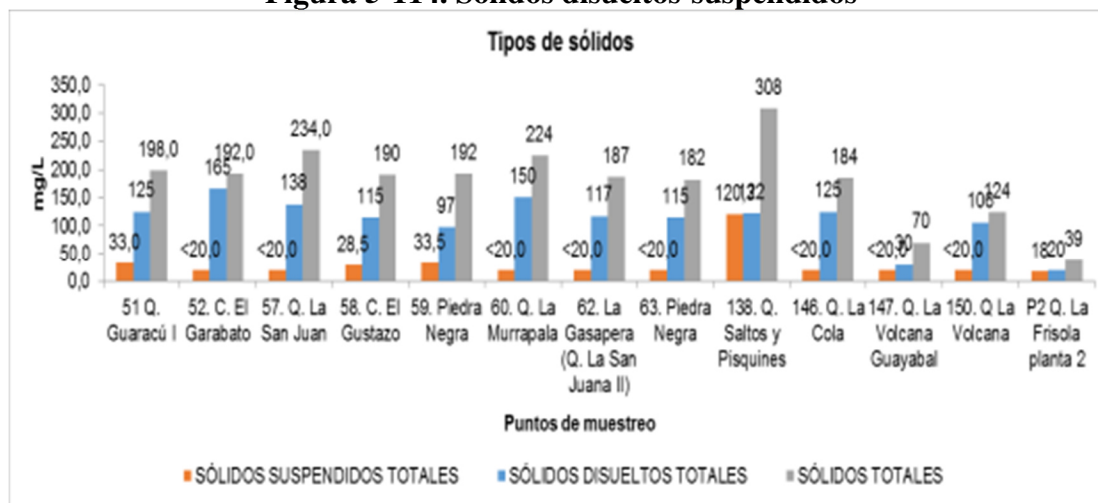
En relación a este conjunto de parámetros, los cuales permiten definir, entre otras consideraciones, las características de penetración de luz a lo largo de la columna de agua, se evidenció que en términos de la cantidad de sólidos disueltos totales es posible evidenciar un valor máximo de 165 mg/L, siendo este calculado en el punto Caño El Garabato, donde está acorde con las condiciones climatológicas de la zona y al régimen fluvial del recurso, así influyendo en el arrastre de sólidos en estos cuerpos de agua (Figura 5-114), con valores mayores a 100mg/L también se destaca la estación de muestreo

Quebrada la San Juan, con un total de 138 mg/L; finalmente se evidenció en los puntos de muestreo Quebrada La Volcana Guayabal y Quebrada La Frisola, un valor menor a 90 mg/L; en términos generales para este conjunto de puntos de muestreo este parámetro permitió definir valores muy similares en cada punto.

En relación al parámetro de sólidos suspendidos totales se presentaron dos comportamientos a lo largo de los puntos, en primer lugar para la mayoría de las estaciones de muestreo este valor fue menor a 20 mg/L, dentro de los cuales se encuentran la Quebrada La Cola, Quebrada La Volcana y Caño el Gustazo; un segundo escenario estuvo conformado por valores cercanos a 120 mg/L. En el caso de los sólidos sedimentables se midieron *in situ* por medio de un cono Imhoff, reportando valores inferiores al límite de la técnica empleada en campo ($<0,1$ mL/L) en la totalidad de puntos, correspondiendo a un valor acorde a las condiciones naturales de las aguas superficiales y al nivel de turbiedad que posee el recurso, por lo tanto no altera la calidad estética del mismo.

Los sólidos suspendidos totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<20 mg/L), en todos los puntos de monitoreo a excepción de la Quebrada Guarucú 1, ya que presentó una concentración de 33 mg/L, resultados favorables para la calidad estética del recurso hídrico. Es importante mencionar que la normatividad vigente no establece límites permisibles en relación a este parámetro, sin embargo los resultados obtenidos en el monitoreo correspondiente al mes de marzo son acordes a las condiciones naturales de las aguas superficiales (Figura 5-114).

Figura 5-114. Sólidos disueltos-suspendidos

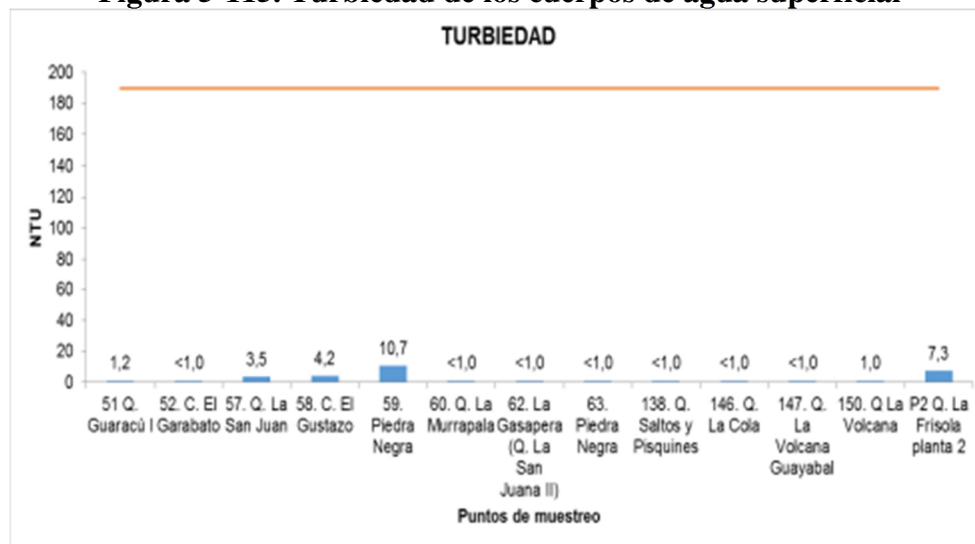


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Turbiedad

Se reportó un valor por debajo del límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<1) en la mayoría de los puntos, por ejemplo en La Quebrada La Gasapera, Quebrada La Cola, Quebrada la Volcana, entre otras; en contraste con lo anterior en el caso de las quebradas Guaracú, La San Juan, y Piedra Negra, reportándose valores superiores a 3,5 NTU; sin embargo la totalidad de puntos cumplen con los 190 NTU establecidos como límite máximo permisible en el Decreto 1076 de 2015; teniendo en cuenta lo anterior las concentraciones de este parámetro en todos los cuerpos de agua evaluados son favorables para la calidad estética del recurso hídrico (Figura 5-115).

Figura 5-115. Turbiedad de los cuerpos de agua superficial

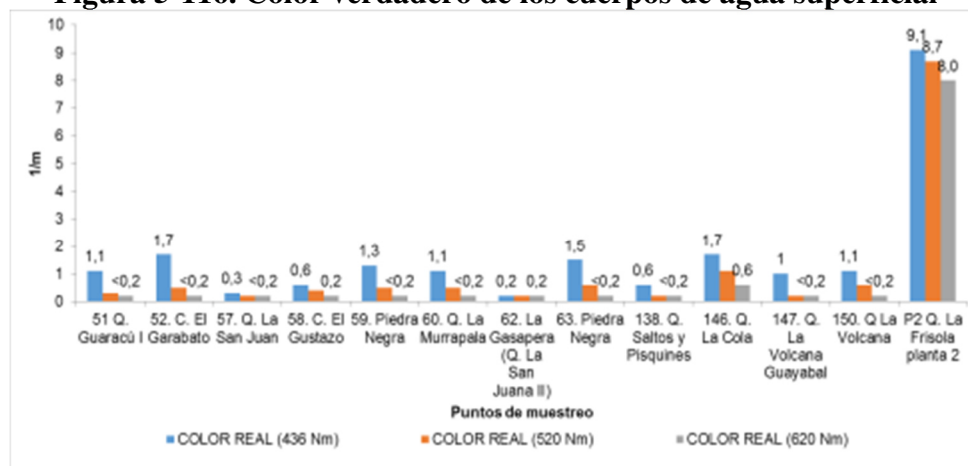


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Color verdadero

La totalidad de puntos presentan concentraciones por debajo de los 10 1/m, resultados favorables para la calidad estética de estos cuerpos de agua; asociados a las condiciones climatológicas de la zona y a la dinámica fluvial de estos cuerpos de agua, factores que influyen en el arrastre de sólidos en suspensión y consecuentemente en el color del recurso (Figura 5-116).

Figura 5-116. Color verdadero de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

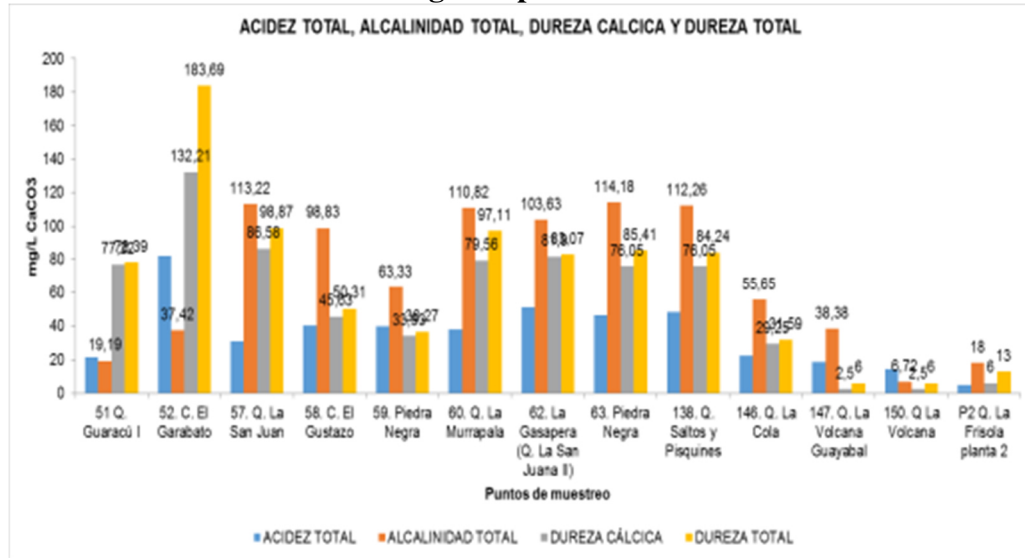
Acidez total, Alcalinidad total, Dureza cálcica y Dureza total

Con respecto al parámetro de acidez el valor más alto fue en el punto Caño El Garabato, con un valor cercano a los 85 mg/L CaCO_3 , del mismo modo en el punto Quebrada La Gasapera se presentó una concentración de 51 mg/L CaCO_3 (Figura 5-117), también se debe mencionar que en el caso de los puntos Quebrada La Volcana Guayabal y Quebrada La Volcana se registraron los valores más bajos, siendo menores a 20 mg/L de CaCO_3 .

De acuerdo a los resultados obtenidos para el parámetro de alcalinidad se tiene que existe un grupo de puntos de monitoreo en los que este valor fue superior a 100 mg/L de CaCO_3 ; indicando que a lo largo de la columna de agua existen cantidades importantes de carbonatos; en contraste con lo anterior en el resto de las estaciones de muestreo este valor estuvo por debajo de 63 mg/L de CaCO_3 (Figura 5-117), lo que permite asociar esta condición a la posiblemente presencia de carbonatos, producto del poco arrastre de sedimentos en el suelo, resultados acordes al pH obtenido.

La dureza total reportó valores altos en términos generales para cada una de las estaciones de muestreo, por ejemplo en el caso del punto Caño El Garabato se obtuvo un valor de 183 mg/L CaCO_3 , en contraste con lo anterior en los demás puntos evaluados su concentración varió entre los 6 mg/L CaCO_3 y 98 mg/L CaCO_3 , resultados posiblemente asociados a las condiciones geomorfológicas del suelo, al tipo de material parental por el cual pasan los cuerpos de agua y a pocas precipitaciones días previos, lo cual disminuye el arrastre de sales (incluidas el calcio y magnesio) en los cuerpos de agua (Figura 5-117).

Figura 5-117. Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial

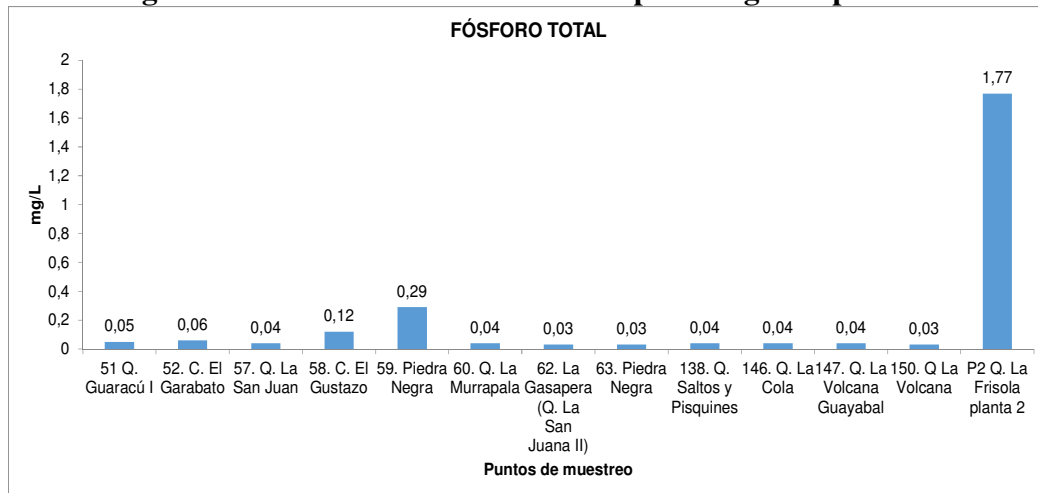


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Fósforo total y Nitrógeno total

En relación al parámetro fósforo total para el presente estudio, se evidenció que con un valor superior a 0,04 mg/L los puntos correspondientes a Q Guaracú, C. Garabato, Caño el Gustazo, Piedra Negra y Planta La Frisola; en contraste con lo anterior para el resto de estaciones de muestreo estos valores fueron inferiores o iguales a 0,04 mg/L, indicando que los cuerpos de agua no poseen condiciones de eutrofización que alteren las características fisicoquímicas del recurso hídrico (Figura 5-118).

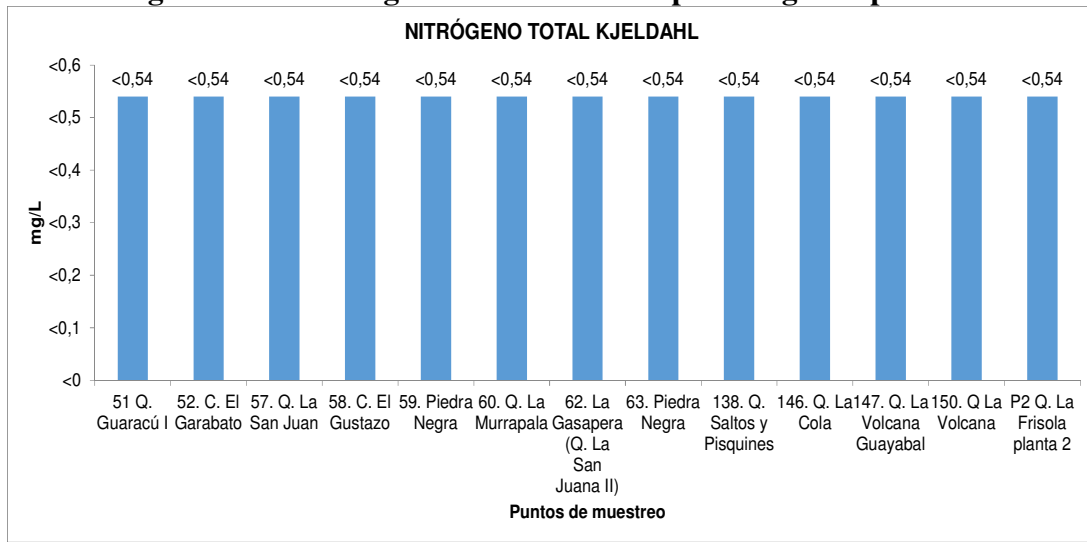
Figura 5-118. Fósforo total de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

En relación al valor del Nitrógeno se establecieron concentraciones por debajo del límite mínimo cuantificable por las técnicas analíticas implementadas en el laboratorio ($<0,54$ mg/L N) en la totalidad de puntos de monitoreo (Figura 5-119), indicando poca presencia de materia orgánica y material vegetal que incrementa la concentración de este parámetro.

Figura 5-119. Nitrógeno total de los cuerpos de agua superficial

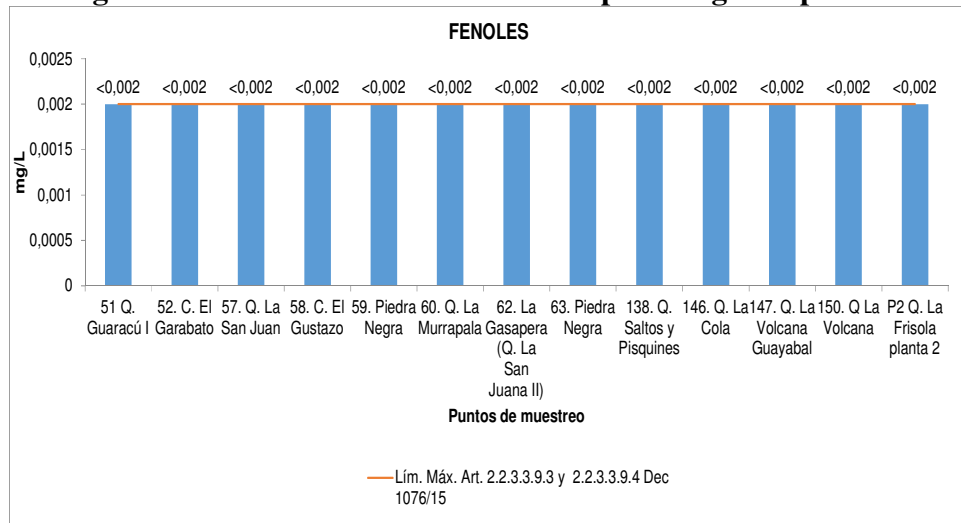


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Fenoles totales

Los fenoles totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio ($<0,002$ mg/L) en la mayoría de los puntos de monitoreo, encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido de $0,002$ mg/L en los artículos 2.2.3.3.9.3 , por otro lado es importante tener en cuenta que en el punto Quebrada La Frisola el valor de este parámetro fue $<0,20$ mg/L, observándose que la mayoría de los cuerpos de agua superficial monitoreados se encuentran en cumplimiento de la mencionada norma, y por tanto, en lo que se refiere a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos, siendo favorable para la calidad del recurso hídrico (Figura 5-120).

Figura 5-120 Fenoles totales de los cuerpos de agua superficial

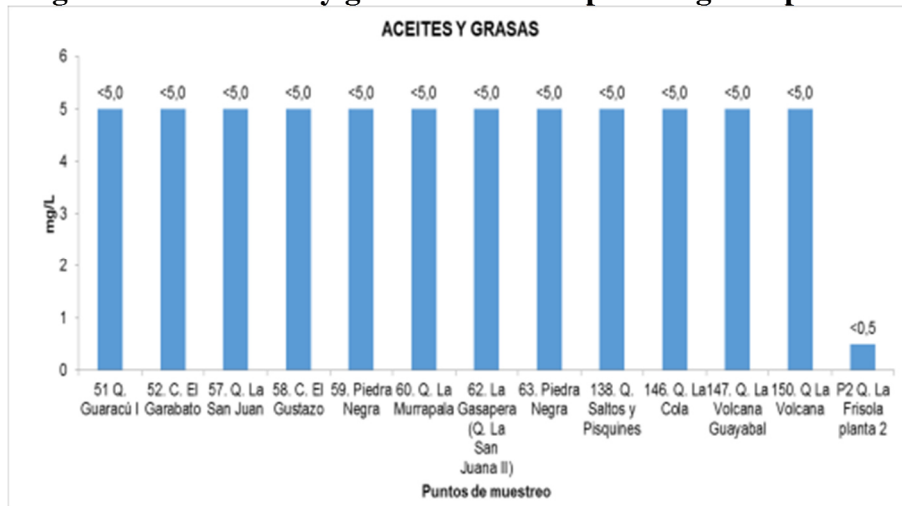


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Grasas y Aceites

Las grasas y aceites reportaron en la mayoría de puntos de monitoreo valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio, indicando que los cuerpos de agua evaluados poseen trazas mínimas de estos compuestos orgánicos, y por lo tanto, no forman películas que alteren la oxigenación y la calidad estética del recurso hídrico. En relación a la normatividad vigente, es posible determinar que los valores registrados en los 13 cuerpos de agua cumplen las condiciones establecidas en los artículos del Decreto 1076 de 2015, resultado que permite determinar que en relación a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos (Figura 5-121).

Figura 5-121. Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial

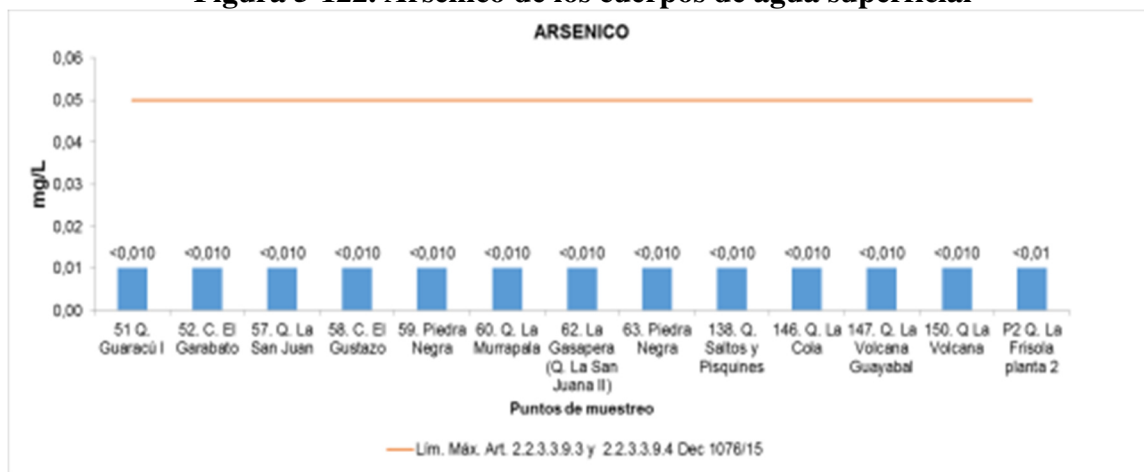


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Arsénico

La contaminación por Arsénico aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. En la Figura 5-122 se puede observar que la concentración de Arsénico fue menor a 0,010 mg/L, encontrándose por debajo de la concentración máxima permitida para este parámetro según los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

Figura 5-122. Arsénico de los cuerpos de agua superficial



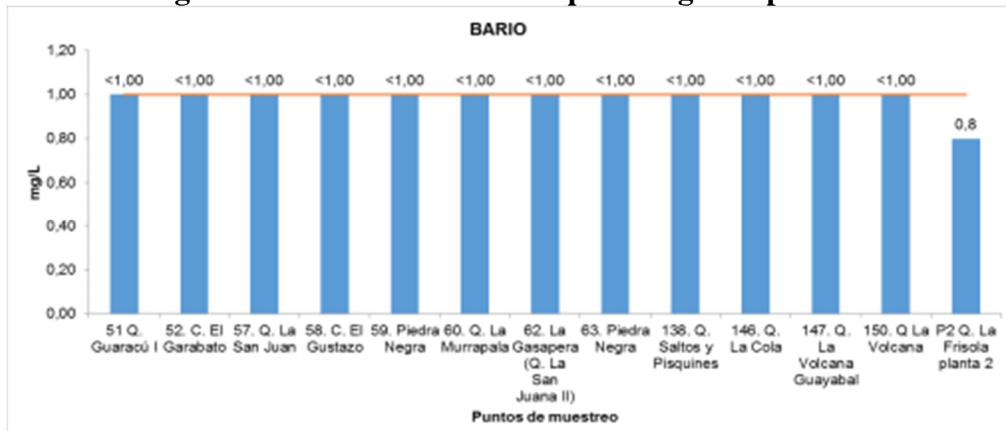
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Bario

Entre los diversos efluentes generados por diversas industrias, se encuentran las aguas de producción, que son mezclas complejas de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos y disueltos, cuya composición varía con el origen y el tiempo de explotación del yacimiento al cual pertenecen.

Teniendo en cuenta lo anterior, se encuentra el Bario, metal pesado cuya concentración en algunos efluentes puede exceder los límites permisibles exigidos por la legislación vigente, constituyéndose en un problema de gran importancia ambiental (Ministerio de Salud, 1983, 1984 y OMS, 1990), en este caso para los cuerpos de agua estudiados este metal no presenta ningún conflicto debido a que las concentraciones reportadas para la totalidad de puntos de muestreo se encuentra por debajo del límite mínimo cuantificable (<1 mg/L), encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015 (Figura 5-123).

Figura 5-123. Bario de los cuerpos de agua superficial

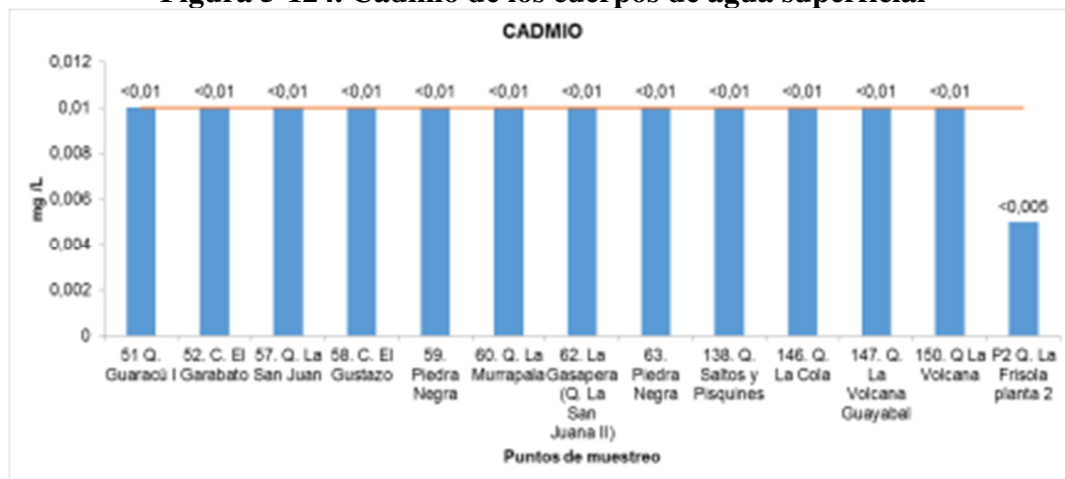


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Cadmio

Es especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas; afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha); produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. La concentración de Cadmio fue menor a 0,01 mg/L en todos los puntos de monitoreo (Figura 5-124), cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, valor que cumple con la norma al ser inferior a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015

Figura 5-124. Cadmio de los cuerpos de agua superficial

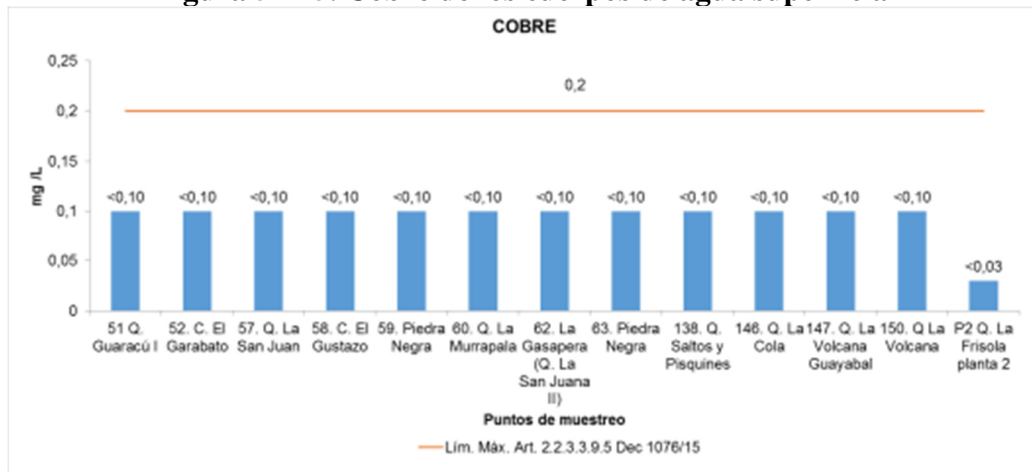


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Cobre

Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO₂. Para todos los puntos sus valores fueron inferiores a 0,1 mg/L (Figura 5-125), cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015.

Figura 5-125. Cobre de los cuerpos de agua superficial

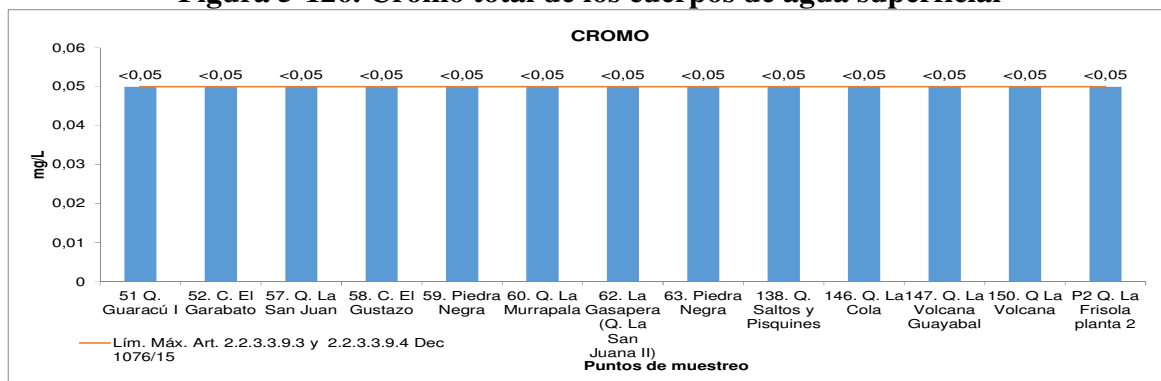


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Cromo total

Su toxicidad varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación. La concentración de Cromo fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica empleada por el laboratorio en todos los puntos de monitoreo (Figura 5-126), resultado favorable para la calidad del recurso hídrico.

Figura 5-126. Cromo total de los cuerpos de agua superficial

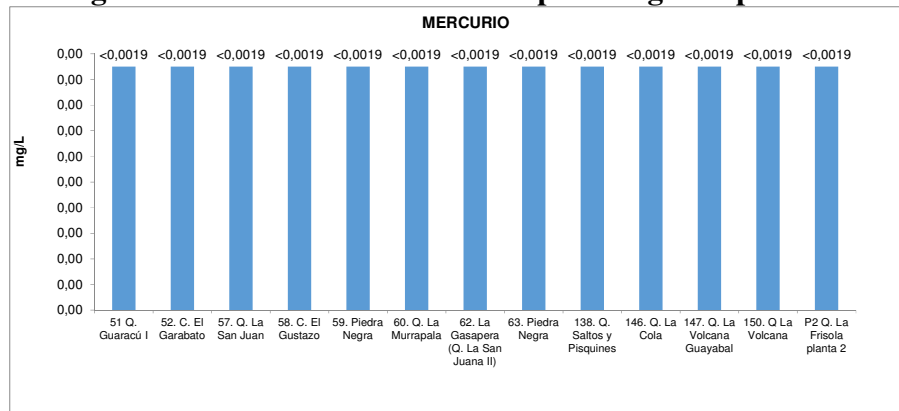


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Mercurio

En su totalidad los puntos evaluados, presentaron concentraciones por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada por el laboratorio (0,0019 mg/L) cumpliendo con el límite máximo permisible de 0,002 mg/L establecido en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015 (Figura 5-127).

Figura 5-127. Mercurio de los cuerpos de agua superficial.

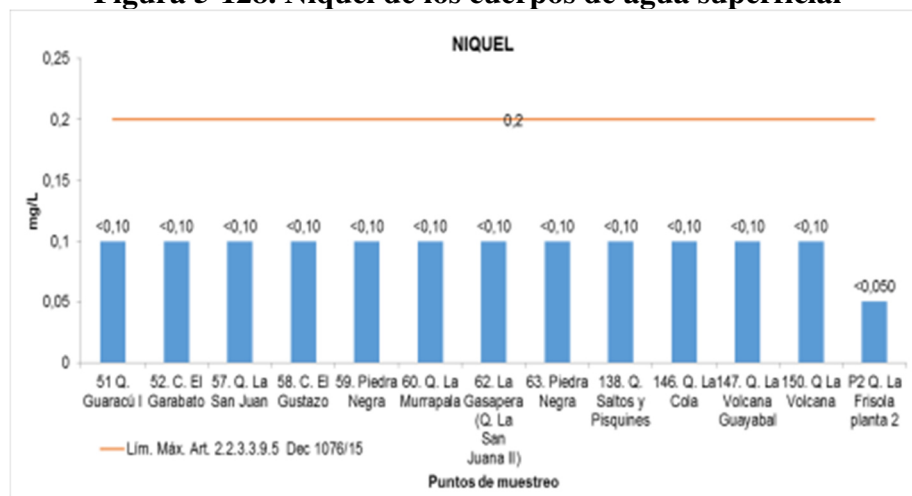


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Níquel

En bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana. Todos los cuerpos de agua presentaron concentraciones menores al límite inferior de la técnica analítica implementada por el laboratorio, cumpliendo con el Artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 al no superar los 0,2 mg/L establecidos (Figura 5-128).

Figura 5-128. Níquel de los cuerpos de agua superficial

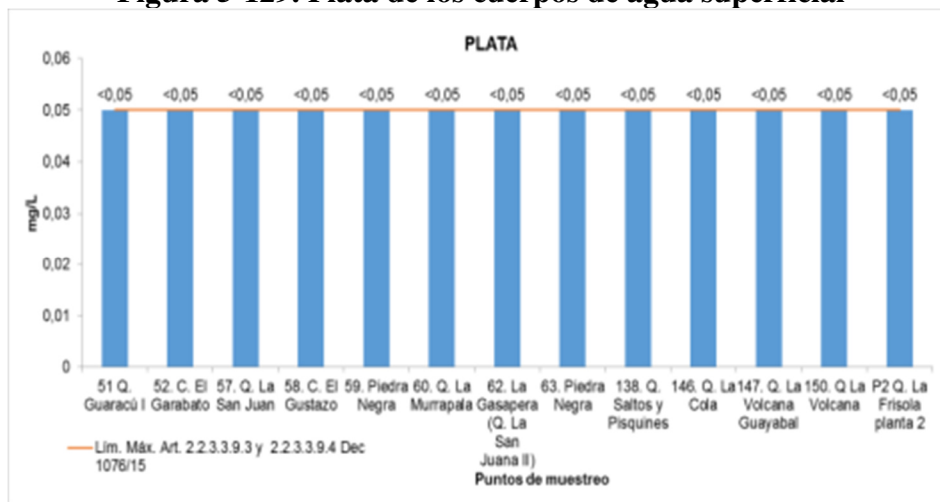


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Plata

Teniendo en cuenta lo anterior en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 se encuentra estipulado como límite máximo 0,05 mg/L, valor que no es superado en ninguno de los cuerpos de agua muestreados, debido a que todos presentaron una concentración menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,05) mg/L) (Figura 5-129).

Figura 5-129. Plata de los cuerpos de agua superficial

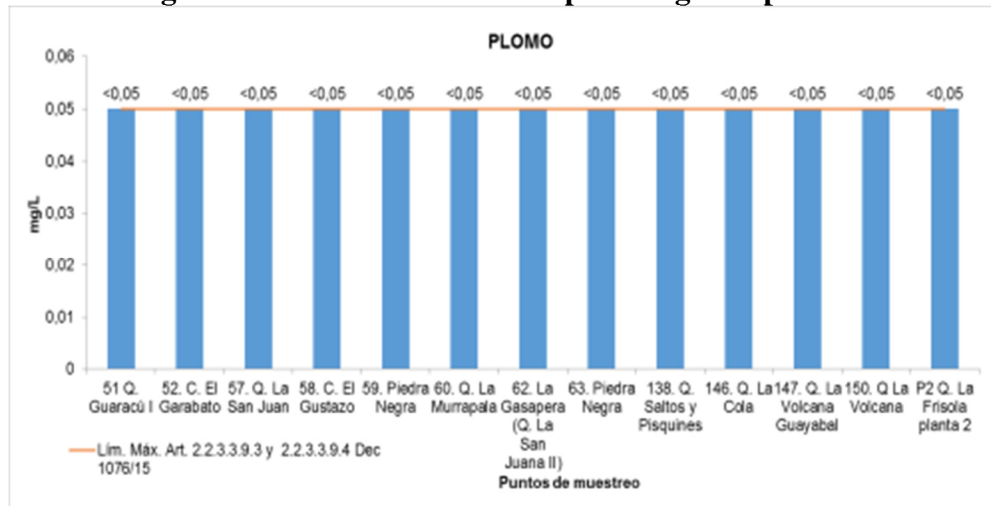


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Plomo

En todos los puntos de muestreo su concentración fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,05 mg/L), observándose que cumplen con el límite máximo permitido de 0,05 mg/L establecido en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (Figura 5-130).

Figura 5-130. Plomo de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Selenio

Las concentraciones de Selenio en todos los puntos evaluados estuvo por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,009 mg/L), cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, al no sobrepasar el límite máximo permisible de 0,01 mg/L, a excepción de los puntos Q, Guaracú, Q. El Garabato, y C El Gustazo, los cuales presentaron concentraciones superiores al límite normativo (Figura 5-131).

Figura 5-131. Selenio de los cuerpos de agua superficial

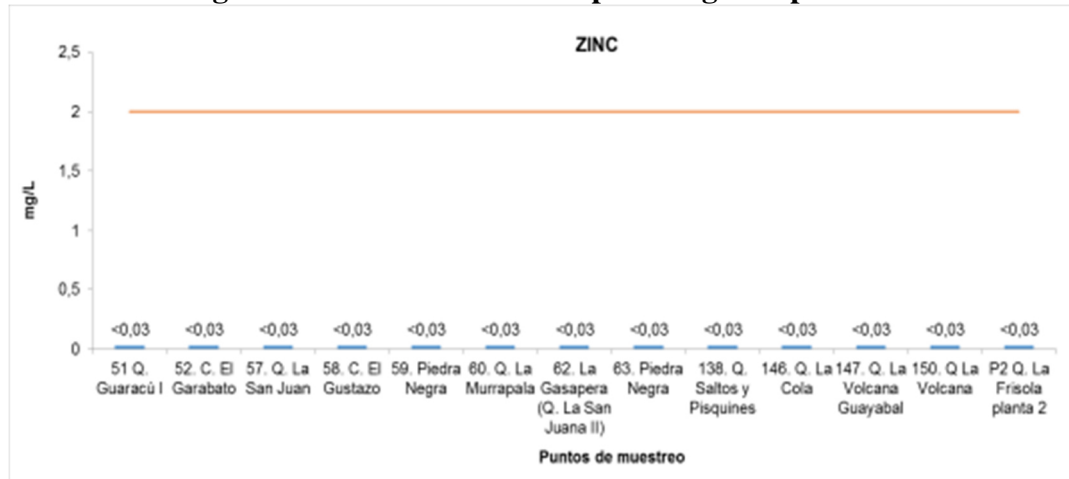


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Zinc

Todos los cuerpos de agua presentaron una concentración por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio ($<0,03$ mg/L) (Figura 5-132), cumpliendo con lo estipulado en los Artículos del Decreto 1076 de 2015.

Figura 5-132. Zinc de los cuerpos de agua superficial

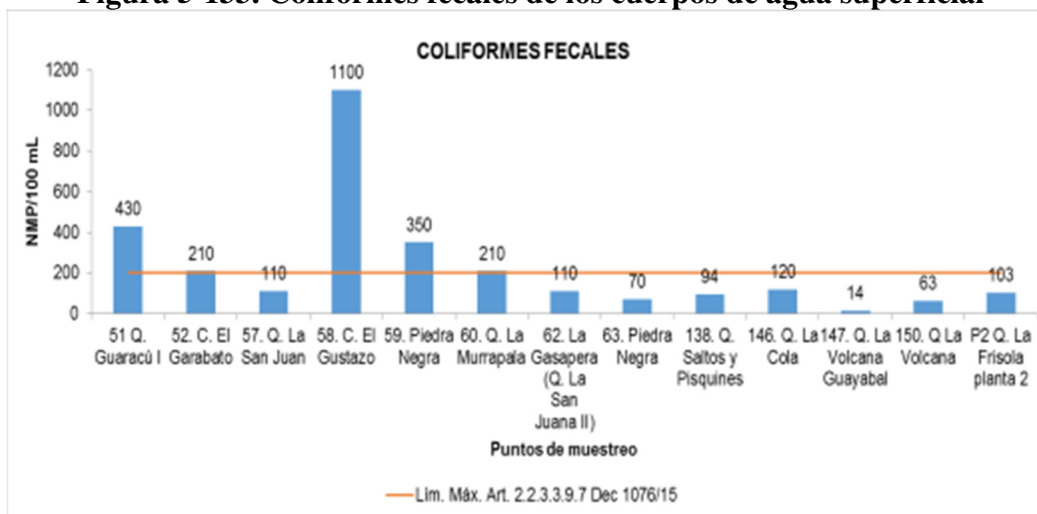


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Coliformes Fecales

En relación a los parámetros bacteriológicos, los coliformes fecales reportaron valores que oscilan entre 14 NMP/100 mL y 1100 NMP/100 mL en los 13 puntos de monitoreo, destacándose en los puntos La Murrapala, Piedra negra y C. El Gustazo, incumpliendo los límites establecidos en el Decreto 1076 de 2015, indicando que en lo que se refiere a este parámetro el agua es apta para uso recreativo; en contraste con lo anterior los demás puntos de monitoreo cumplen con lo establecido en el Artículos 2.2.3.3.9.3 de la normatividad vigente al no exceder los 2000 NMP/100 mL, indicando que el agua es apta para uso agrícola y consumo humano y doméstico únicamente (tratamiento previo) (Figura 5-133).

Figura 5-133. Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial

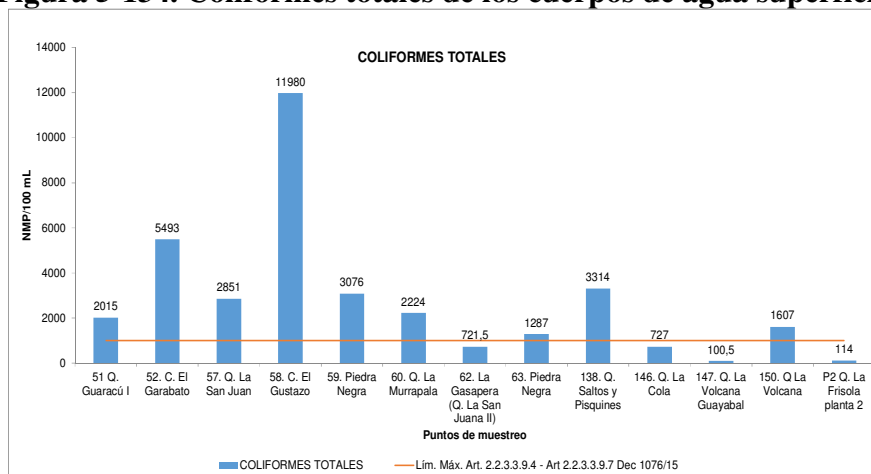


Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)



Coliformes totales

De acuerdo a los resultados obtenidos de coliformes totales es posible determinar que el valores registrados los puntos, Quebrada Gasapera, Q la Cola y Q. Volcana Guayabal cumple con lo estipulado en los Artículos del Decreto 1076 de 2015, sin embargo los demás cuerpos de agua monitoreados no cumplen con lo establecido en la norma con resultados de concentraciones por encima de los 1000 NMP/100 mL, teniendo en cuenta que las concentraciones más elevadas fueran las presentadas en la quebrada Saltos y Pisquines con 3314 NMP/100 mL y Caño El Gustazo con 11980 NMP/100 mL (Figura 5-134).

Figura 5-134. Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

5.1.6.1.2 Estimación de Índice de Calidad característicos

La aplicación de índices para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales, son una herramienta fundamental para determinar las presiones que éstas sufren por las acciones que desarrollan las poblaciones asentadas a su alrededor, ya que combinan ciertos parámetros que determinan susceptibilidades a tipos de contaminación y transmiten de una manera más clara y fácil de interpretar.

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación se presenta el índice de Langelier, Capacidad Buffer (Tampón) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) para las fuentes hídricas que se consideraron susceptibles de intervención por el proyecto, y el índice de alteración de la calidad del agua de la subzona hidrográfica a la cual corresponden dichas fuentes hídricas.

5.1.6.1.2.1 Índice de Langelier

El **Índice de Langelier** es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua y para las instalaciones interiores domésticas.

El Índice de Langelier se usa para determinar el equilibrio del agua:

Si el índice es 0: el agua está perfectamente equilibrada.

Si el índice es negativo: indica que el agua es corrosiva.

Si el índice es positivo: indica que el agua es incrustante.

Se debe tener en cuenta que la información completa del informe entregado por CIMA se encuentra en el Anexo E3.

Para la Unidad funcional 3 tenemos que el índice de Langelier catalogó una condición *corrosiva* en el agua presente en las estaciones; F2 Nacimiento, F5 Aljibe, Drenaje NN 27, Drenaje NN 26, Afluente Q. la Culebra, V3 Q. La Valencia, Drenaje NN 28, Drenaje NN 32, Q. La Culebra y Q. La Frisola; teniendo en cuenta lo anterior este resultado en conjunto evidencia que los valores de pH, temperatura, dureza cálcica y alcalinidad determinados en cada caso establecen una condición especial en el agua, en la que de acuerdo a este índice si el agua entra en contacto con algún instrumento de transporte, tal como tuberías o alcantarillado en general, se producirían efectos de desgaste y erosión de los materiales, que se traducen en efectos corrosivos sobre los mismos, por otro lado también se debe tener en cuenta si estos cuerpos de agua pueden ser utilizados como fuente de consumo humano, por

lo que deben estar sujetos a algún tipo de tratamiento.

En contraste con lo anterior en el caso de la estación de muestreo M6 Bocatunel Occidente el índice de Langelier permitió definir una condición de *equilibrio* en el agua analizada, por ende en estos casos el resultado del análisis de los parámetros temperatura, pH, dureza cálcica y alcalinidad se encuentran en rangos aceptables entre sí, lo que significa que no existen eventos de acumulación y/o precipitación de sales de calcio ni minerales en general, lo que en conjunto favorece las condiciones y calidad del agua respectiva. (Tabla 5-61).

Tabla 5-61. Cálculo del índice de Langelier

PARAMETRO/PUNTO	F2 NACIMIENTO	F5 ALJIBE	M6 BOCATUNEL OCCIDENTE	DRENAJE NN 27	DRENAJE NN 28	67 AFUENTE Q. LA CULEBRA	V3 Q. LA VALENCIA	DRENAJE NN 28	DRENAJE NN 32	P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA
PH	7,13	7,06	8,24	7,85	7,08	7,6	7,55	7,25	7,78	7,82	7,46
TEMPERATURA	16,97	15,73	21,61	15,64	15,98	15,8	17,36	15,91	16,16	18,25	20,51
DUREZA CALCICA	13	17,5	62	6,5	22	36	<5	14	2	46	6
ALCALINIDAD	34,08	31,46	108,31	18,05	49,51	58,28	11,35	25,79	8,77	76	18
INDICE LANGELIER (IL)	-2,43	-2,37	0,1	-2,35	-2,09	-1,28	-2,75	-2,35	-2,69	-0,73	-2,83
FACTOR DE TEMPERATURA (TF)	0,43	0,4	0,54	0,4	0,4	0,4	0,44	0,38	0,41	0,47	0,52
FACTOR DUREZA DE CALCIO (CF)	0,72	0,86	1,39	0,31	0,93	1,17	0,31	0,72	0,31	1,28	0,31
FACTOR ALCALINIDAD (AF)	1,52	1,47	2,02	1,29	1,68	1,75	1,11	1,39	0,95	1,87	1,2
CONDICION DEL AGUA	CORROSIVA	CORROSIVA	EQUILIBRADA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Por otro lado y continuando con la misma metodología; se tiene que para la Unidad funcional 1 a partir de los valores relacionados en la Tabla 5-62 se estableció que índice de Langelier catalogó una condición *corrosiva* en el agua presente en las estaciones Quebrada Guaracú I, Caño El Gustazo y Piedra Negra, para los cuales se debe tener en cuenta que en conjunto los valores de pH, temperatura, dureza cálcica y alcalinidad determinados en cada caso establecen una condición especial en el agua, en la que de acuerdo a este índice si el agua entra en contacto con algún instrumento de transporte, tal como tuberías o alcantarillado en general, se producirían efectos de desgaste y erosión de los materiales, que se traducen en efectos corrosivos sobre los mismos, por otro lado también se debe tener en cuenta si estos cuerpos de agua pueden ser utilizados como fuente de consumo humano, por lo que deben estar sujetos a algún tipo de tratamiento. (Tabla 5-62)

Tabla 5-62. Cálculo del índice de Langelier

PARAMETRO/PUNTO	44 Q. La espalda	47 Q. La guaracú	48 Q. La Muñoz II	49 Q. La Muñoz I	Captación 4	Captación 2 (Río Aurra)	CAPTACIÓN 5 RIO CAUCA	CAPTACIÓN 6 RIO TONUSCO
PH	8,16	8,46	7,46	7,64	7,48	7,81	7,3	8,29
TEMPERATURA	27,39	27,55	26,5	24,83	23,93	26,68	25,57	32,28
DUREZA CALCICA	2,5	113,49	21,06	5,85	16	37	32	83
ALCALINIDAD	36,46	20,15	14,39	26,87	29,91	54,67	36	94
IL	-1,59	0,02	-1,91	-2,02	-1,71	-0,81	-1,59	0,40
FACTOR DE TEMPERATURA (TF)	0,66	0,66	0,65	0,6	0,59	0,65	0,63	0,76
FACTOR DUREZA DE CALCIO (CF)	0,31	1,66	0,93	0,31	0,81	1,16	1,11	1,53
FACTOR ALCALINIDAD (AF)	1,54	1,29	1,11	1,42	1,48	1,72	1,52	1,96
CONDICION DEL AGUA	CORROSIVA	EQUILIBRADA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	CORROSIVA	EQUILIBRADA

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

En contraste con lo anterior, en el caso de las estaciones de muestreo Caño El Garabato, Quebrada La San Juan, Quebrada La Murrapala y Quebrada La Gasapera el índice de Langelier permitió definir una condición de *equilibrio* en el agua analizada, por ende en estos casos el resultado del análisis de los parámetros temperatura, pH, dureza cálcica y alcalinidad se encuentran en rangos aceptables entre sí, lo que significa que no existen eventos de acumulación y/o precipitación de sales de calcio ni minerales en general, lo que en conjunto favorece las condiciones y calidad del agua respectiva.

5.1.6.1.2.2 Capacidad de Buffer o Tampón

Se define como la resistencia del agua al cambio de pH. Convencionalmente, la capacidad tampón se expresa como la cantidad de ácido o base fuerte, en equivalentes-gramo, que debe ser añadido a 1 litro de la solución para cambiar su pH en una unidad (The Pearson Guide To Physical Chemistry For The AIPMT sección 6.4, Atul Singhal, 2011)

Esta se calcula con la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\Delta B}{\Delta pH}$$

Dónde:

ΔB = Gramo equivalente de ácido fuerte / base para cambiar el pH de 1 litro de solución tampón

ΔpH = Cambio de pH causado por la adición de ácido fuerte / base

Para la Unidad Funcional 3 en la Tabla 5-63 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer. La interpretación de esta característica debe hacerse a partir del concepto de capacidad Buffer, en este contexto a mayor capacidad buffer mayor es la resistencia del cuerpo de agua a cambios en su pH ante el vertimiento de un ácido o una base, de esta forma se identificó que los puntos Bocatúnel Occidente y Quebrada la Valencia presentan la mayor capacidad buffer.

Tabla 5-63. Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados UF3

	F2 NACIMIENTO	F5 ALJIBE	M6 BOCATUNEL OCCIDENTE	DRENAJE NN 27	DRENAJE NN 26	67 AFLUENTE Q. LA CULEBRA
Capacidad Buffer (meq- g / Unidades de pH)	0,03	0,02	0,72	0,10	0,03	0,23

	V3 Q. LA VALENCIA	DRENAJE NN 28	DRENAJE NN 32	P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,41	0,05	0,05	0,38	0,06

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Por otro lado En la Tabla 5-64 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer de la Unidad Funcional 1, de esta forma se identificó que los puntos Quebrada La Murrapala y Quebrada La San Juan presentan la mayor capacidad buffer, lo que significa que el agua presente en estos puntos presentan una alta capacidad de regular el pH y reducir los cambios puntuales en el mismo, posibilitando una continuidad en las condiciones de acidez y basicidad.

Tabla 5-64. Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados UF1



	51 Q. Guaracú I	52. C. El Garabato	57. Q. La San Juan	58. C. El Gustazo	59. Piedra Negra	60. Q. La Murrapala	62. La Gasapera
Capacidad Buffer (meq- g / Unidades de pH)	0,12	0,30	0,55	0,32	0,21	0,52	0,56

	63. Piedra Negra	138. Q. Saltos y Pisquines	146. Q. La Cola	147. Q. La Volcana Guayabal	150. Q La Volcana	P2 Q. La Frisola planta 2
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,15	0,43	0,25	0,23	0,04	0,06

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

5.1.6.1.2.3 Índice de Calidad de Aguas Superficiales ICA

Este índice es tomado de INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, (IDEAM, 2010), El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t. (Tabla 5-65).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

l indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right), \text{ Donde:}$$

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t; n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

A continuación se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 5 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 5-65. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto OD:	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales SST	mg/L	0,2
Demanda química de oxígeno DQO.	mg/L	0,2
Conductividad eléctrica C.E.	μs/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: IDEAM 2010.

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada grafico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Para la Unidad Funcional 3 los resultados obtenidos partir de la definición de este índice se debe tener en cuenta que evalúa la calidad de un cuerpo de agua superficial en un tiempo

determinado en términos de bienestar humano, independientemente del uso; para el caso de los cuerpos de agua monitoreados en el presente estudio se estableció que el ICA catalogó con una calidad ACEPTABLE la mayoría de los puntos de muestreo, resaltados en este caso de color verde en la Tabla 5-66, por ejemplo en el caso de los puntos P1 Quebrada La Culebra y P2 Quebrada La Frisola; en todos los casos donde se presentó esta condición se deben tener en cuenta los valores de los parámetros analizados, por ejemplo en el caso del oxígeno disuelto se obtuvo valores inferiores al 75%, por otro lado en el caso de los sólidos suspendidos totales en el punto Afluente Quebrada La Culebra se reportó un valor de 46,5 mg/L.

Tabla 5-66. Resultados índices de calidad de agua ICA

PARÁMETRO/ PUNTO	F2 NACIMIENTO	F5 ALJIBE	M6 BOCATUNEL OCCIDENTE	DRENAJE NN 27	DRENAJE NN 26	67 AFLUENTE Q. LA CULEBRA	V3 Q. LA VALENCIA	DRENAJE NN 28	DRENAJE NN 32	P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA
OD % SAT	64,78	34,09	65,60	75,20	61,34	68,54	73,13	53,60	73,46	74,79	81,93
SST	10	58,5	5	5	14,5	46,5	18,5	180	5	30	18
DOO	5	5	5	62,4	5	8,64	5	27,84	5	11	54
CONDUCTIVIDAD	49	43	192	28	67	79	20	38	14	137	39
PH	7,13	7,06	8,24	7,85	7,08	7,6	7,55	7,25	7,78	7,82	7,46
lod	0,65	0,34	0,66	0,76	0,61	0,69	0,73	0,54	0,73	0,75	0,82
lsat	0,99	0,8445	1,005	1,005	0,9765	0,8805	0,9645	0,48	1,005	0,93	0,966
ldgo	0,91	0,91	0,91	0,26	0,91	0,91	0,91	0,51	0,91	0,91	0,26
loe	0,90	0,92	0,37	0,95	0,85	0,81	0,97	0,93	0,98	0,60	0,93
lph	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ICA	0,89	0,90	0,74	0,79	0,87	0,96	0,92	0,69	0,93	0,94	0,79
Calificación	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Buena	Regular	Buena	Aceptable	Aceptable

Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

En el caso del punto NN 28 el ICA catalogó una condición regular en el agua, lo que probablemente está directamente relacionado con lo obtenido para el parámetro de sólidos suspendidos totales (SST) con 180 mg/L; cabe mencionar en este caso que para la calidad del agua es importante que a lo largo de la columna de agua exista una adecuada penetración de luz solar para que los procesos bióticos de transferencia de energía tengan lugar y exista una adecuado reciclaje de nutrientes, en este caso este valor afecta directamente esta condición.

Finalmente en el Quebrada La Valencia y Drenaje NN 32 el ICA estableció una calidad buena para el agua analizada; para estos cuerpos loticos se debe mencionar que se reportaron valores normales para los parámetros de sólidos suspendidos totales, DBO, pH y saturación de oxígeno, lo que se evidencia en esta condición; por otro lado se deben tener en cuenta los índices de contaminación calculados para estos puntos, ya que en ninguno de ellos se encontró un evento de contaminación importante; adicionalmente estos valores están acordes con el contenido de materia orgánica, coliformes y oxígeno disuelto determinados en cada caso.

Por otro lado para la Unidad Funcional 1 se encontró que los puntos 51 Q. Guaracú I, 52 C. El Garabato, 58 Piedra Negra, 60 Murrapala y 138 Q. Saltos y Pisquines, presentan calidad

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

de agua “REGULAR”, mientras que los cuerpos de agua: 57 Q. San La Juan, 58 C. El gustazo, 62 La Gasapera, 63 Piedra Negra, 146 La cola, 147 La Volcana Guayabal, 150 La Volcana, P2 La Frisola Planta 2, presentan calidad de agua “ACEPTABLE”.

En el caso de la Q. Guaracú I, el resultado es consecuente con los resultados de ICOMO, en el cual el alto contenido de materia orgánica categoriza al punto con contaminación media, lo cual también sucede con el punto C. El Garabato, Piedra Negra, Q. La Murrapala, y Q. Saltos y Pisquines (Tabla 5-67).



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-67. Índice de calidad de aguas superficiales Ica.

	52. C. El Garabato	57. Q. La San Juan	58. C. El Gustazo	59. Piedra Negra	60. Q. La Murrपाला	62. La Gasapera (Q. La San Juana II)	63. Piedra Negra	138. Q. Saltos y Pisquines	146. Q. La Cola	147. Q. La Volcana Guayabal	150. Q. La Volcana	P2 Q. La Frisola planta 2
1	87,11	84,20	77,63	86,54	78,03	70,27	76,85	59,08	69,91	81,46	69,17	81,93
	20	20	28,5	33,5	20	20	20	120,3	20	20	20	18
4	70,2	32	32	62	32,6	32	32	32	32	32	39,5	54
8	316	202	201	205	215	166	205	178	173	40	148	39
	8,67	7,79	7,48	7,5	7,75	7,92	7,17	7,58	7,7	8,04	7,87	7,46
5	0,87	0,84	0,78	0,87	0,78	0,70	0,77	0,59	0,70	0,81	0,69	0,82
1	0,96	0,96	0,9345	0,9195	0,96	0,96	0,96	0,6591	0,96	0,96	0,96	0,966
5	0,26	0,51	0,51	0,26	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,26
9	0,00	0,33	0,33	0,31	0,27	0,48	0,31	0,43	0,45	0,92	0,56	0,93
5	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,62	1,00	1,00
4	0,65	0,73	0,71	0,67	0,70	0,73	0,71	0,64	0,72	0,77	0,74	0,79
lar	Regular	Aceptable	Aceptable	Regular	Regular	Aceptable	Aceptable	Regular	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

(Integral del Medio Ambiente, 2016)

5.1.6.1.2.4 Índice de afectación de calidad del agua (IACAL)

El índice sobre la alteración potencial de la calidad del agua se encuentra establecido a partir de la presión de la carga contaminante que ejercen diferentes actividades sectoriales sobre las condiciones de calidad hídrica (IACAL) de estos sistemas. Con base en información secundaria (estadísticas oficiales), agregadas y evaluadas en 309 subzonas hidrográficas con datos del 2008, en el ENA 2010 se evaluaron los resultados del indicador de alteración potencial de la calidad (IACAL) y las condiciones de calidad en los 154 puntos de referencia de la red básica del IDEAM.

Para la generación del indicador de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales del país con base en variables representativas, se introdujeron innovaciones en relación con el estudio del año 2001. Además de las estimaciones de mayor cobertura de actividades para DBO, incluyeron las variables de demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT).

Estimaron el IACAL en los sistemas hídricos superficiales para 2008, a partir de información secundaria como el promedio de las jerarquías asignadas a las cargas contaminantes ejercidas por el sector doméstico para 1099 municipios y el industrial (a 4 dígitos CIU23) para 186 municipios.

Para el cálculo del IACAL municipal, dividieron el promedio de las jerarquías del cociente de las cargas contaminantes entre la oferta de agua total para año medio y año seco en millones de metros cúbicos, la cual representa la capacidad de autodepuración; da un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, de modo que un valor menor indica una probabilidad menor de ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad. La amenaza debida a la alteración de la calidad a escala municipal y por subzonas hidrográficas se clasifica de acuerdo a la Tabla 5-68.

Tabla 5-68 Categoría y descriptor del IACAL

IACAL	
PROMEDIO CATEGORÍA (NT+PT+SST+DBO+(DQO-DBO)/5)	
Categoría	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

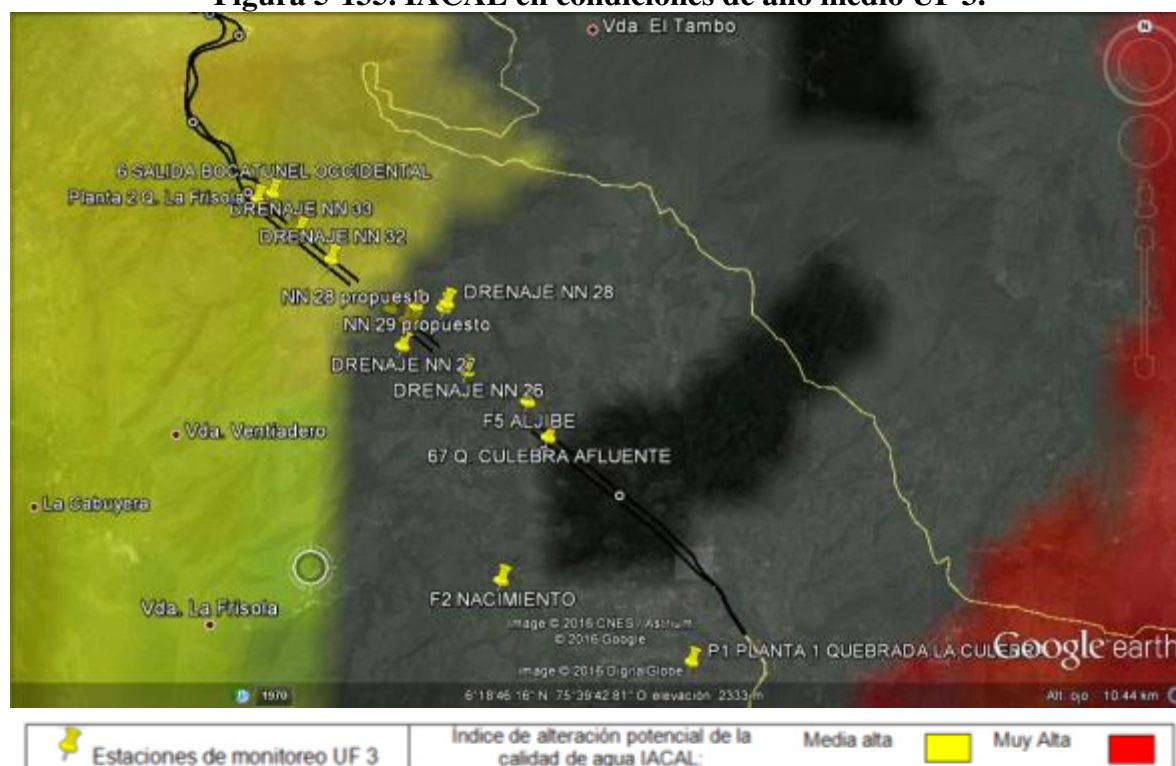
Fuente: Orjuela et al., 2010, MODIFICADO POR cima

Con base a la información expuesta, para este índice se realizó una comparación de la ubicación de los puntos de muestreo con el mapa IACAL para las 309 subzonas hidrográficas en año medio y año seco.

Para el índice de afectación de calidad de agua (IACAL) se realizó una comparación con los mapas emitidos por el IDEAM en condiciones de año medio para las 309 subzonas hidrográficas tenidas en cuenta para la evaluación de los resultados del indicador de alteración potencial de la calidad (IACAL), teniendo en cuenta lo anterior en este caso se realizó una comparación de la ubicación de los puntos de muestreo tenidos en cuenta para este estudio con el IACAL en condiciones de año medio.

De acuerdo a lo obtenido en esta comparación de imágenes es posible determinar que las estaciones de muestreo contempladas para la unidad funcional 3 se ubicaron a lo largo de la zona de afectación MEDIA-ALTA y otro grupo en la franja de transición entre la afectación MEDIA-ALTA y MUY ALTA (Figura 5-135); en este caso se deben tener en cuenta las características de cada uno de los cuerpos de agua, así como los posibles riesgos que afectarían potencialmente la calidad del agua presente en estos sistemas, tal como se describió anteriormente en el caso de los índices de Langelier e ICA.

Figura 5-135. IACAL en condiciones de año medio UF 3.

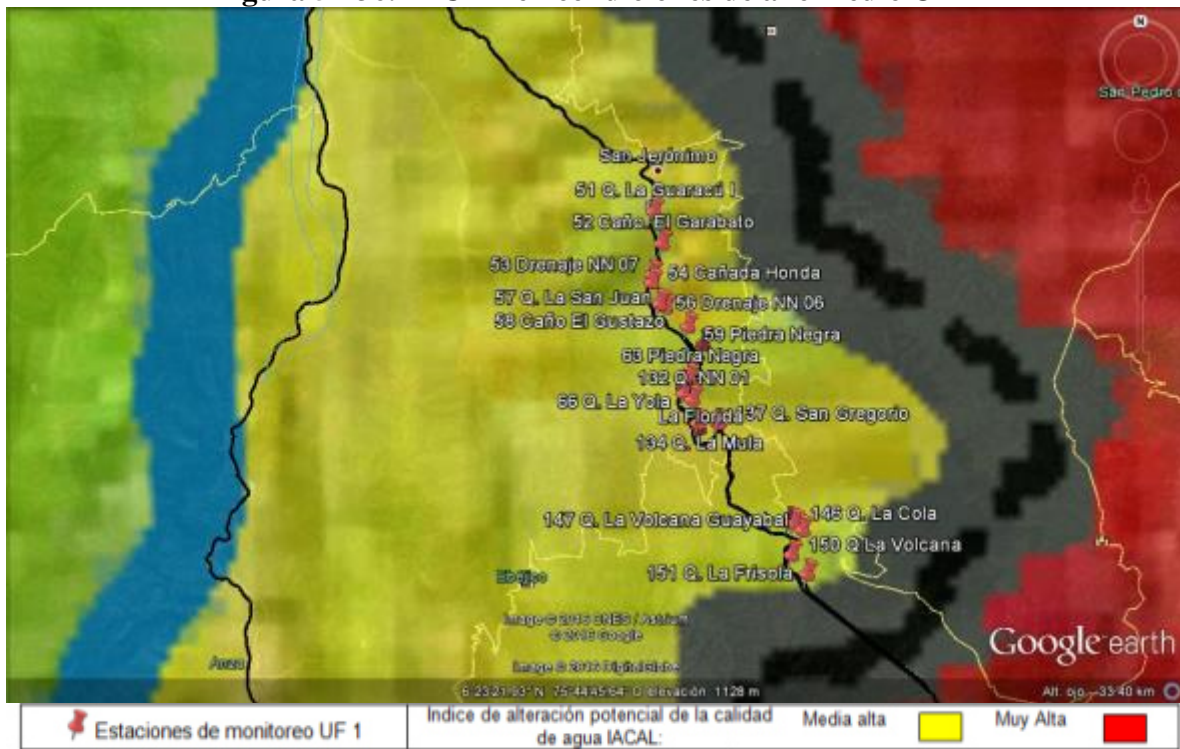


Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016), Modificado por Orjuela et al., 2010

Para la Unidad Funcional 1 que todos los puntos de muestreo analizados estuvieron ubicados dentro de la franja de color amarillo, que de acuerdo a las convenciones del índice corresponde a una zona en la que la alteración potencial de la calidad del agua es MEDIA ALTA (Figura 5-136); en contraste con lo anterior es necesario relacionar este escenario con los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros fisicoquímicos ejecutados, por ejemplo en el caso del punto Caño El Garabato el índice de contaminación por Mineralización obtuvo un valor MUY ALTO, relacionado con lo obtenido para los parámetros de Conductividad, Alcalinidad y Dureza.

Finalmente para el caso de las demás estaciones de muestreo en relación a los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO) y por sólidos suspendidos (ICOSUS) se encontraron rangos bajos; en conjunto estos valores se relacionan con el índice de afectación de la calidad del agua IACAL y la respectiva categoría MEDIA ALTA.



Figura 5-136. IACAL en condiciones de año medio UF 1



Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

Finalmente se debe tener en cuenta que los análisis entregados por el laboratorio CIMA con respecto al resultados hidrobiológicos, índices ecológicos, bioindicación y demás se encuentra en la parte biótica del estudio de la construcción de la segunda calzada entre Túnel de Occidente y San Jerónimo.

5.1.6.1.3 Estimaciones Para Otra Temporalidad Climatologica

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Como se mencionó anteriormente y dando cumplimiento al requerimiento de la resolución 751 del 26 de marzo de 2015 en su numeral 5.1.6.1, donde pide adicional a la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las corrientes hídricas, una estimación mediante herramientas técnicas de dichas características para una temporalidad diferente.

5.1.6.1.3.1 Selección y justificación de la herramienta de estimación

En principio las herramientas técnicas conocidas para hacer estimaciones en términos de calidad del agua obedecen a modelos matemáticos y simuladores, por tanto se procedió a revisar los modelos y software existente y/o comercial que típicamente se usan. Se identificó que la oferta de modelos de simulación que se pueden encontrar en el mercado actual es numerosa y variada en cuanto a su tipología, no obstante todos obedecen a modelos determinístico y/o conceptuales orientados a simular la calidad del agua posterior a un vertimiento y/o tributario, este es el caso de los modelos que se mencionaran a continuación a manera informativa. Los modelos se describen en su totalidad en el anexo 6 correspondiente a calidad de agua.

- USEPA; programa QUAL2K (River and Stream Water Quality Model). Aplicación de uso libre para la simulación de la calidad de las aguas Superficiales continentales. QUAL2K es unidimensional
- USEPA 2002; programa EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code). Capaz de hacer simulaciones en multitud de ambientes, tanto Continentales como marinos, entre ellos: ríos, lagos, embalses, estuarios, línea de costa y humedales
- DHI (Danish Hydraulic Institute); programa MIKE 11.
- USEPA; programa WASP/WASP7 (Water Quality Analysis Simulation Program).
- Mix Zon Inc.; programa CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System). Se trata de un sistema que simula el funcionamiento de descargas a partir de focos puntuales y continuos sobre zonas reguladoras de mezcla.
- Ecosystems Research Division, NERL, ORD; USEPA 2003: programa VISUAL PLUMES.

Ninguno de los modelos presentados se ajusta al requerimiento puntual de la resolución 751 de 2015, por esta razón fue necesario plantear un modelo matemático específico para las estimación de las variables requeridas en los escenarios planteados.

En este contexto y teniendo en cuenta la complejidad del sistema a modelar, dada la gran variabilidad de los parámetros en función de eventos meteorológicos, geológicos y antropológicos puntuales no predecibles, la disponibilidad de información y el alcance que se requiere, se determinó usar un modelo estocástico. Un proceso estocástico es un

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

concepto matemático que sirve para tratar magnitudes aleatorias que varían con el tiempo, o más exactamente para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y pueden o no, estar correlacionadas entre ellas.

Cada variable o conjunto de variables sometidas a influencias o efectos aleatorios constituye un proceso estocástico. Un proceso estocástico puede entenderse como una familia uniparamétrica de variables aleatorias indexadas mediante el tiempo t . Los procesos estocásticos permiten tratar procesos dinámicos en los que hay cierta aleatoriedad.

Las razones por las que el comportamiento de un sistema puede resultar aleatorio son variadas y puntualmente los valores asociados a los parámetros de calidad del agua en una fuente superficial obedecen a estas por:

- Existencia de procesos realmente estocásticos (eventos geológicos, tipo deslizamientos de tierra que alteran los drenajes por tanto la calidad del agua).
- Existencia de procesos aparentemente estocásticos debido a nuestra falta de conocimiento (eventos antropogénicos, tipo vertimientos aguas arriba).
- Procesos muy complejos que es preferible modelizar como estocásticos (eventos meteorológicos, tipo precipitaciones).

5.1.6.1.3.2 Conceptualización del Modelo Propuesto.

Se propone un modelo estocástico – dinámico - Empírico, en este contexto se basará en relaciones estadísticamente significativas entre variables, las ecuaciones o estimadores estadísticos no son por tanto físicamente o dimensionalmente consistentes ni universales, ya que en rigor sólo son válidas para el contexto espacio-temporal en el que se trabajaran. Para este caso se utilizaron series de datos medidos en sistemas hídricos similares (misma zona hidrológica), Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Red de Monitoreo Ambiental en la cuenca hidrográfica del Río Medellín- Aburrá - RedRío. Parámetros de Calidad Principales Quebradas Tributarias al Río Aburrá_Medellín 2012-2014.

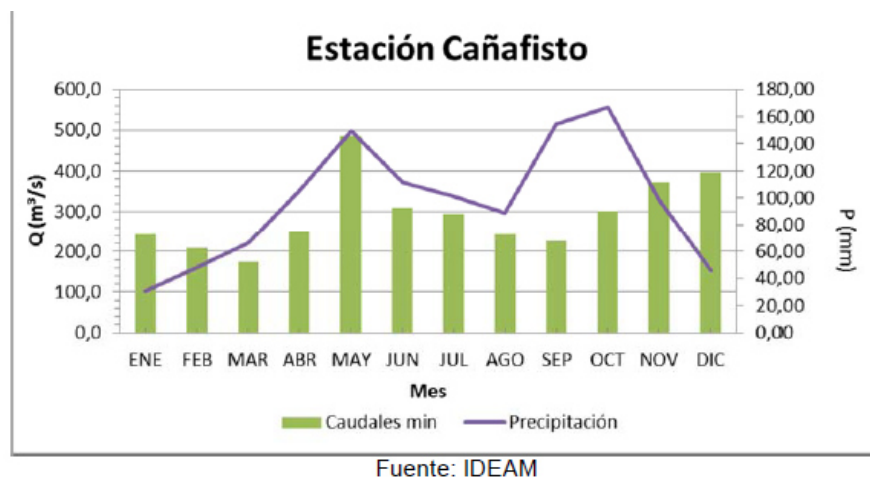
Las series de datos corresponden a 84 mediciones hechas en 33 estaciones durante 3 años distribuidos en diferentes temporalidades climatológicas. Las variables medidas y tenidas en cuenta en las estimaciones fueron : Temperatura ambiente (°C), Temperatura del Agua (°C), pH (U de pH), OD (mg/L), Conductividad (μ S/cm), Turbiedad (NTU), DBO (mg/L), DQO (mg/L), Ptotal (mg P/L), PO₄ (mg P/L), Porg (mg P/L), NO₃ (mg N/L), NO₂ (mg N/L), Norg (mg N/L), NTK (mg N/L), SST (mg/L), ST (mg/L), SDT (mg/L), Ssed ml/lh, Caudal (m³/s).

Para dar mayor peso en términos estadísticos al modelo se integraron series de datos medidas en el río río Zulia (Norte de Santander), lo anterior dado a la frecuencia y rigurosidad con la que estos fueron colectados (mediciones semanales durante 3 años seguidos), también teniendo en cuenta que lo que se buscan son factores (estimadores) que relacionen los parámetros de calidad del agua con las temporalidades climatológicas, y se pudo identificar que el régimen de precipitaciones de punto de medición es bimodal al igual que la zona de estudio.

Usando las series de datos se realizó un análisis de dependencia de variables, se establecieron correlaciones y definieron las ecuaciones, dado lo dispersos que pueden llegar a ser los valores asociados a parámetros de calidad del agua y basados en lo propuesto en el informe estadístico para el Diseño y puesta en marcha de la segunda etapa de la red de monitoreo en la cuenca hidrográfica del río Aburrá – Convenio 313 de 2005, se definió la existencia de relación estadística entre variables a partir de coeficientes de correlación (R2) mayores a 0,6.

En principio el caudal se fijó como variable independiente para los parámetros SST, Sólidos sedimentables y sólidos totales dado que mostro ser directamente proporcional a la precipitación, parámetro que representa los cambios de temporalidad climatológica, lo anterior siendo coherentes con el objetivo del modelo (ver Figura 5-137).

Figura 5-137. Relación precipitación vs caudales, (variables climatológicas vs Hidrológicas)



Como descomposición de series de tiempo, cuyo patrón de generación se descompone en Tendencia, factor cíclico, movimiento estacional y movimiento irregular), (Granger, 1989). Dado el objetivo del modelo, que busca identificar la variabilidad de los parámetros de calidad en temporalidades climáticas diferentes en el año, se buscó determina el un factor estacional por mes en las series de datos medidos, este factor se usara como multiplicador para la estimación de cada parámetro en cada cuerpo de agua según corresponda.

La ecuación general de un estimador multiplicativo de series de tiempo es:

$$S(t) = T(t) * Y * C + u$$

Donde:

S = Valor Pronosticado

T = Factor de tendencia

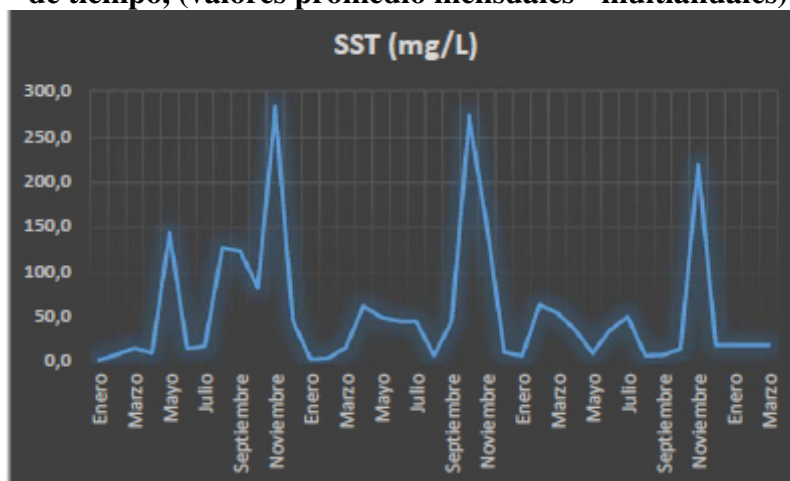
C = Componente Cíclico

Y = Componente Estacional

u = Variación no sistemática

En la siguiente figura se puede ver claramente el comportamiento de los SST en una de las series temporales usadas, esta es parte de la justificación de la simplificación, aquí se puede observar claramente el comportamiento estacional mientras otras características como tendencia, oscilaciones cíclicas y variación no sistemática no se ven claramente.

Figura 5-138. Comportamiento estacional de los sólidos suspendidos totales en series de tiempo, (valores promedio mensuales - multianuales)



Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

Dado lo anterior se definió una relación estadística entre los valores promedios mensuales para determinar un multiplicador que definiera la magnitud del incremento o disminución de cada parámetro de calidad del agua mes a mes, para guardar concordancia con las series de datos que definen las variaciones climáticas.

Dichas relaciones se calcularon para cada parámetro y se usaron como multiplicador por el valor medido en la corriente objeto de estudio, dicho producto se ubicó en el mes de la Medición, para el caso particular en marzo, el valor estimado se tomó como base de cálculo para el siguiente mes y así sucesivamente hasta completar un año de estimaciones, el valor reportado como estimación para temporalidad climatológica diferente fue el del mes que según la gráfica 1 es opuesta en términos de precipitación al momento muestreado, para

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

este caso octubre. La metodología y su explicación en cada parámetro se encuentran en el Anexo 6.

5.1.6.1.3.3 Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelo de estimación para la temporalidad de lluvia en cada una de las corrientes caracterizadas para la Unidad Funcional 3.

Tabla 5-69. Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				
		F2 NACIMIENTO	F5 ALJIBE	M8 BOCATUNEL OCCIDENTE	P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA
MES DE PROYECCIÓN	NA	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	17,0	15,7	21,6	18,25	20,51
pH	Unidades	7,17	7,09	8,28	7,86	7,50
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	87,19	76,51	341,63	243,77	69,39
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	67,61	60,50	236,65	181,5	35,6
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	6,4	3,6	6,0	7,23	7,59
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	<3,77	4,52	<3,77	<3,77	<3,77
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	25,72	23,74	81,73	57,35	13,58
DBO5	mg/L O ₂	1,6	2,6	2,6	1,95	1,30
DQO	mg/L O ₂	<2,379	<2,379	<2,379	5,23	25,70
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	9,81	13,58	46,78	56,59	9,81
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	14,34	15,09	63,76	34,71	4,53
FOSFORO TOTAL	mg/L P	1,543	1,513	0,983	1,916	1,739
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	7,0	5,9	5,9	11,35	9,13
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	16	95	8	48,5	29,1
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	53	109	148	141,47	48,82
TURBIEDAD	NTU	8,1	19,4	2,4	1,7	11,8

Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-70. Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					
		DRENAJE NN 27	DRENAJE NN 28	67 AFLUENTE Q. LA CULEBRA	V3 Q. LA VALENCIA	DRENAJE NN 28	DRENAJE NN 32
MES DE PROYECCIÓN	NA	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	15,64	15,68	15,80	17,36	15,91	16,16
pH	Unidades	7,89	7,11	7,64	7,59	7,29	7,82
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	49,82	119,21	140,57	35,59	67,61	24,91
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	39,14	94,30	112,10	26,69	53,38	19,57
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,13	0,13	0,13	0,38	0,63	1,50
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,89	6,22	6,95	7,19	5,47	7,39
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	<3,77	<3,77	<3,77	<3,77	<3,77	<3,77
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	13,62	37,36	43,98	8,56	19,46	6,62
DBO5	mg/L O ₂	2,02	1,95	2,41	1,63	3,34	2,08
DQO	mg/L O ₂	29,70	2,379	4,11	2,379	13,25	2,379
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	4,90	16,60	27,16	3,77	10,56	1,51
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	9,81	26,41	31,31	6,41	12,83	4,53
FOSFORO TOTAL	mg/L P	0,187	1,012	0,924	3,665	1,602	1,759
NITROGENO TOTAL	mg/L	8,08	6,46	10,19	9,71	4,85	10,19
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	8,1	23,5	75,2	29,9	291,1	8,1
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	22	71	124	38	258	13
TURBIEDAD	NTU	10,67	2,91	13,59	12,13	156,88	0,65

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelo de estimación para la temporalidad de lluvia en cada una de las corrientes caracterizadas para la Unidad Funcional 1.

Tabla 5-71. Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS						
		51 Q. Guaracú I	52. C. El Garabato	57. Q. La San Juan	58. Drenaje NN05 (C. Gustazo)	59. Drenaje NN04	60. Q. La Murapala	62. La Gasapera (Q. La San Juana II)
MES DE PROYECCION	NA	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	23,58	23,38	22,58	22,45	25,23	21,50	21,12
pH	Unidades	8,15	8,71	7,83	7,52	7,54	7,79	7,96
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	334,51	562,26	359,42	357,64	364,76	382,55	295,37
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	222,41	293,59	245,55	204,62	172,59	266,90	208,18
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	8,28	7,67	7,52	6,96	7,39	7,11	6,47
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	16,25	61,93	23,23	30,26	30,19	28,64	38,71
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	14,48	28,24	85,43	74,57	47,79	83,62	78,19
DBO5	mg/L O ₂	11,57	20,28	8,39	8,06	17,88	9,43	4,10
DQO	mg/L O ₂	19,1	33,4	15,2	15,2	29,5	15,5	15,2
DUREZA CALCICA	mg/L CaCO ₃	58,27	99,76	65,33	34,43	25,60	60,03	61,80
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	59,15	138,60	74,60	37,96	27,37	73,27	62,68
FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,049	0,059	0,039	0,118	0,285	0,039	0,029
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	53,4	32,3	32,3	46,1	54,2	32,3	32,3
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	247,9	240,4	292,9	237,9	240,4	280,4	234,1
TURBIEDAD	NTU	1,94	1,62	5,66	6,79	17,31	1,62	1,62

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-72. Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS					
		63. Piedra Negra	138. Q. Saltos y Pisquines	146. Q. La Cola	147. Q. La Volcana Guayabal	150. Drenaje NN01	151. Quebrada La Frisola
MES DE PROYECCIÓN	NA	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	21,05	20,34	19,62	18,35	20,15	20,51
pH	Unidades	7,21	7,62	7,74	8,08	7,91	7,50
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	364,76	316,72	307,82	71,17	263,34	69,39
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	204,62	217,08	222,41	53,38	188,61	35,59
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,06	5,54	6,61	7,85	6,48	7,59
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO ₃	34,84	36,38	17,03	13,94	10,84	3,77
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO ₃	86,15	84,71	41,99	28,96	5,07	13,58
DBO ₅	mg/L O ₂	8,84	8,39	9,23	4,29	11,44	7,09
DQO	mg/L O ₂	15,2	15,2	15,2	15,2	18,8	25,7
DUREZA CÁLCICA	mg/L CaCO ₃	57,38	57,38	22,07	1,89	1,89	4,53
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	64,45	63,56	23,84	4,53	4,53	9,81
FÓSFORO TOTAL	mg/L P	0,029	0,039	0,039	0,039	0,029	0,020
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	32,3	194,6	32,3	32,3	32,3	29,1
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	227,8	385,6	230,4	87,6	155,2	48,8
TURBIDIDAD	NTU	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	11,81

Fuente. (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2016)

La caracterización base se realizó en temporada de estiaje, meses de marzo y abril, por tanto las proyecciones presentadas fueron para temporada de lluvia, meses de octubre y noviembre, en los sólidos y los parámetros asociados se notó un incremento como se esperaba, esto indica coherencia en la metodología de estimación.

Se debe aclarar que el factor determinado obedece a los promedios de series de datos medidos durante 3 años lo que hace que se suavice valores extremos, pero la base de cálculo (caracterización en temporada de estiaje) corresponde a un muestreo puntual que pudo o no registrar un valor extremo, por tanto el orden del valor estimado para la temporalidad de lluvia guarda total concordancia con el momento de la mencionada caracterización.

5.1.7 Usos del agua

Para la determinación del estado actual de los usos y usuarios del agua en el área de estudio del proyecto UF 3 y 1, se tuvo en cuenta la información en los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas de los ríos Aburrá, Aurrá y la quebrada La Clara o Seca, al igual que el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Medellín y los Esquemas de Ordenamiento y Manejo de San Jerónimo. Igualmente se tuvo en cuenta información entregada por CORANTIOQUIA en agosto de 2015, febrero y julio de 2016.

5.1.7.1 Identificación de Usos Actuales y Proyectos

A continuación se presenta la identificación de los usos actuales y proyectados para cada una de las cuencas identificadas en la zona del proyecto, las cuales pertenecen al área hidrográfica Magdalena-Cauca específicamente a las zonas hidrográficas del río Cauca y río Nechí.

5.1.7.1.1 Usos actuales

5.1.7.1.1.1 Cuenca del río Porce (Aburrá o Medellín)

De acuerdo a información contenida en el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburrá del año 2005, para el cálculo de la demanda se tomó la información existente en el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) sobre población total y rural de cada municipio que conforma la cuenca; a partir de esta información se calculó la dotación neta en tres escenarios (Ver Tabla 5-73):

Escenario positivo (Escenario 1), el cual supone un uso eficiente del recurso y una consecuente disminución en la dotación (disminuye un 15%);

Escenario normal (Escenario 2), donde se considera que el consumo permanece estable en el tiempo -el promedio histórico de acuerdo a registros de EEPPM corresponde a 211 L/hab./día.

Un escenario negativo (Escenario 3), donde el consumo se incrementa debido a la no racionalización del agua (aumenta un 15%).

Tabla 5-73. Dotación neta asumida para el cálculo de la demanda

L/hab./día	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Dotación	242	211	180

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburrá. 2005

Los resultados de la demanda de agua potable para los habitantes de la cuenca según las proyecciones de población para el 2016 y algunos años posteriores, considerando la misma dotación de agua diaria para los usuarios urbanos y rurales, se presenta en la Tabla 5-74.

Tabla 5-74. Proyección de la demanda de agua potable para habitantes de la cuenca del río Aburrá

Año	Demanda de agua potable (m³/s)		
	Escenario 1 Pesimista	Escenario 2 Tendencial	Escenario 3 Optimista
2016	14,9	13,0	11,1
2017	15,2	13,3	11,3

Año	Demanda de agua potable (m³/s)		
	Escenario 1 Pesimista	Escenario 2 Tendencial	Escenario 3 Optimista
2018	15,5	13,5	11,6
2019	15,9	13,8	11,8
2025	20,0	17,4	14,9

Fuente: Ajustado del Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburrá. 2005

Sabiendo que la capacidad instalada de las plantas de tratamiento de agua de EEPPM es de 17,25 m³/s, se puede concluir que es suficiente para abastecer la demanda de agua potable en la cuenca durante todo el horizonte de planificación, inclusive en el escenario tendencial de uso del recurso hídrico. (POMCA río Aburrá, 2005)

Para el caso de las demandas de agua asociadas a los diferentes usos, dentro del Plan de ordenación y manejo de la cuenca no se presenta información relacionada, no obstante, se presenta la estimación de la demanda para la zona rural de cada uno de los municipios que forman parte de la cuenca, a partir de las proyecciones de población y la dotación promedio de 211 l/hab./día de acuerdo a los reportes de EEPPM.

Tabla 5-75. Demanda hídrica proyectada para la zona rural de la cuenca

Municipios	Demanda (m³/año)		
	2016	2019	2025
Barbosa	2.389.984	2.527.091	2.825.353
Bello	1.734.430	1.977.956	2.572.387
Caldas	2.094.774	2.433.191	3.282.874
Copacabana	793.740	835.521	925.797
Don Matías	125.904	135.218	155.963
Envigado	700.786	711.295	732.788
Girardota	1.848.512	2.004.289	2.356.332
Guarne	625.405	684.279	819.176
Itagüí	3.496.748	4.231.531	6.196.750
La Estrella	3.811.346	4.603.891	6.717.667
Medellín	14.908.596	16.419.472	19.916.087
Sabaneta	1.125.664	1.267.878	1.608.477
San Vicente	215.570	196.697	163.763
Santo Domingo	190.575	189.023	185.957
Yolombo	9.321	10.130	11.964

Fuente: Ajustado del Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburrá. 2005

5.1.7.1.1.2 Cuenca quebrada La Clara o Seca

Los usos actuales en la cuenca de la quebrada La Clara o Seca, se tomaron del documento elaborado por CORANTIOQUIA denominado Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCA- de las quebradas La Clara y La Sucia del año 2003, es de mencionar que este estudio no fue finalmente adoptado por la corporación, no obstante corresponde a información recopilada con miras al establecimiento del instrumento de

planificación de la cuenca.

Tabla 5-76. Demanda de agua en la cuenca de las quebrada La Clara y La Sucia

Corriente	Caudal asignado (l/s)					
	Uso Pecuario	Uso Agrícola	Uso Piscícola	Uso Minero	Uso Industrial	Uso Recreativo
La Rochela	0,1					
Juan Ramos	0,06		11,2		0,1	
Juan Baquero	0,087					
Patudo	0,62	1,08	0,01			
La Sucia	0,142	185	21,92	3,0	3,49	0,649
Chuscala		0,066				
Miraflores	1,034	13,356	0,198			

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia, 2003.

Se estima que más del 50% de las aguas captadas para diferentes usos, en la cuenca hidrográfica, no tienen concesión de aguas otorgada por la autoridad ambiental, lo que hace muy difícil conocer a ciencia cierta, el uso que se le da al agua y la cantidad que es utilizada en ello. (POMCA quebradas La Clara y La Sucia, 2003)

5.1.7.1.1.3 Cuenca río Aurra

De acuerdo con la información registrada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (2008), el resumen de la demanda total de agua en la cuenca del río Aurra se presenta en la Tabla 5-77.

Para determinar la demanda de agua por consumo humano se procedió de la siguiente manera: primero, se calculó el agua otorgada para el abastecimiento; segundo, se estimó el agua demandada por las restantes personas no conectadas a acueductos. Para esta estimación se utilizó los módulos de consumo determinados por el estudio hecho el Grupo de Investigaciones Ambientales de la Universidad Pontificia Bolivariana para Corantioquia en 2002. De acuerdo con este estudio, para la regional Tahamíes el consumo de agua por habitante al día es de 160 litros y para la regional Hevéxicos de 233 litros. (POMCA río Aurra 2008)

El cálculo de la demanda de agua para uso agrícola se consideró la estimación hecha por el Grupo de Investigaciones Ambientales de la Universidad Pontificia Bolivariana (Corantioquia, 2002). Dadas las condiciones de la cuenca, se consideró para uso agrícola un promedio de 0,61 l/ha/seg, incluyendo el beneficio de café. (POMCA río Aurra 2008)

El consumo de agua para uso pecuario se hizo uso de los módulos de consumo determinados en el estudio ya citado de la Universidad Pontificia Bolivariana (Corantioquia, 2002). Dada la dificultad para diferenciar entre el número de cabezas de ganado y porcinos, se consideró un número global, de acuerdo con estimaciones de área cultivada en pastos y frutales, así como la estimación del número total de cerdos

encontrada. Para el uso avícola se estimó un número aproximado de aves de corral por cuenca y se le asignó un módulo de consumo de 0,28 l/animal-día. (POMCA río Aurra 2008)

Tabla 5-77. Demanda total de agua en la cuenca del río Aurra

Tipo de caudal	Caudal asignado (l/s)						Total
	Uso doméstico	Uso Agrícola	Uso Avícola	Uso Piscícola	Uso Pecuario	Otros Usos	
Caudales legalizados ¹	194,64	165,21	0,13	20,72	10,25	21,96	412,91
Otros caudales legalizados ²	7,99	28,15		10,10	1,05	24,99	72,28
Caudales no legalizados ³	3,96	720,0	0,02		0,29		724,26
Totales	206,59	913,36	0,15	30,82	11,59	46,95	1209,45

1. Suma de caudales concedidos en las subcuencas consideradas.

2. Caudales concedidos sobre el río Aurra u otras corrientes tributarias.

3. Caudales remanentes no legalizados.

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aurra. 2008.

5.1.7.1.2 Usos potenciales

Los usos potenciales para cada cuenca se presentan a continuación:

5.1.7.1.2.1 Cuenca del río Aburrá

La cuenca del río Aburrá hasta el sitio Puente Gabino donde se une con el río Grande y cambia su nombre a río Porce, tiene un área estimada de 1251 km², una pequeña porción de esta área corresponde a las veredas Naranjal (1,983 Km²) y La Cuchilla (1,986 Km²), por las cuales discurrirá el túnel que forma parte del proyecto (UF3).

Además de pertenecer a la cuenca del río Aburrá; 1,339Km² de la vereda Naranjal (68%) y 1,203Km² de la vereda La Cuchilla (61%) pertenecen al Distrito de Manejo Integral –DMI– de los recursos naturales renovables divisoria Valle de Aburrá-Río Cauca, el cual fue declarado en el año 2007 por CORANTIOQUIA.

A nivel general, del área total del DMI pertenecen a la cuenca del río Aburrá aproximadamente 152,949 Km², lo que corresponde al 12,22% de la cuenca, mientras que dicha área equivale al 54,60% del territorio que forma parte del DMI que asciende a un total de 280,15Km². (Ajustado del Plan Integral de Manejo del DMI, CORANTIOQUIA.2009)

Acorde con lo anterior, para la definición de los usos potenciales en la zona de interés del

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

proyecto (Vereda Naranjal y vereda La Cuchilla) se consideraron los usos establecidos en la zonificación descrita por CORANTIOQUIA en el acuerdo 327 de 2009 por ser estos más restrictivos en cuanto a las posibilidades de uso. El mencionado acuerdo -con el cual se dio el nombre actual al distrito de manejo- declaro las zonas de producción agroforestal sostenible como los únicos lugares dentro del perímetro del municipio de Medellín, donde se permiten las actividades productivas agropecuarias pero restringidas a manejos agroecológicos, con planes de manejo aprobados y restringe la construcción de infraestructura nueva para apoyo a la producción, por lo cual se infiere que esta zonificación aplica a las veredas de interés.

En los espacios para la producción agroforestal sostenible, en el largo plazo se debe desestimular las plantaciones forestales productoras, promoviendo aprovechamientos sostenibles y labores de conservación. La realidad en la capacidad de soporte natural de estas áreas, hace recomendar la necesidad de desestimular o revertir la producción agraria, hacia usos de preservación ecológica. (Plan Maestro para el área de reserva, CORANTIOQUIA, 2006)

5.1.7.1.2.2 Cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia

Los usos potenciales en la cuenca están enmarcados en el potencial de uso de los suelos y al cubrimiento de las expectativas sociales y económicas de los habitantes de la zona, generándose una orientación hacia el cambio en el sistema productivo actual, pues la organización y funcionamiento de la economía local se fundamenta en la producción agropecuaria, la cual se ha visto afectada por factores de tipo externo, que han contribuido a la pérdida de valor adquisitivo de la población y al deterioro ambiental general. (POMCA quebradas La Clara y La Sucia, 2003)

En la Tabla 5-78 se muestran las unidades de ordenamiento y manejo ambiental que comprende la cuenca hidrográfica, donde aparecen su área y porcentaje dentro del territorio de la cuenca, posteriormente se describen cada una de las unidades de acuerdo a la información presentada en el POMCA de las quebradas La Clara y La Sucia del año 2003.

Tabla 5-78. Unidades de manejo para la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia

Usos de la tierra	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Corredores viales	725,68	3,05
Zona de actividades pecuarias	5302,23	22,28
Zona de consolidación agraria	7524,58	31,62
Zona de protección ambiental	1922,19	8,08
Zona de retiros a fuentes de agua	3244,26	13,63
Zonas abastecedoras de acueductos	1889,74	7,94
Zona de recuperación y protección ambiental	3189,22	13,40

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia, 2003.

Zona de recuperación y protección ambiental: Se propone para esta zona la restauración

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

y recuperación ecológica mediante la compra de predios por las administraciones municipales, evitar en el corto plazo, nuevas divisiones prediales y construcción de viviendas. Es un área espacialmente continua ubicada al sur de la cuenca hidrográfica, de la cual hacen parte ecosistemas estratégicos como el Cerro del Padre Amaya y la Cuchilla de Las Baldías. Esta unidad abarca el 13,40% del área total de las cuencas hidrográficas de La Clara y La Sucia, para una extensión de 3.189,22 ha.

Zonas abastecedoras de acueductos: Estas zonas corresponden a las microcuencas que actualmente son captadas para utilizar sus aguas para el consumo humano, tanto de la población dispersa como concentrada, localizada en los tramos medio y bajo de la cuenca, además de poblaciones humanas por fuera de ella.

Estas zonas deberán dedicarse exclusivamente a la protección ambiental con fines de producción y regulación hidrológica, en donde tan solo se permitirán reforestaciones con fines protectores, además de las obras necesarias para la recuperación de zonas degradadas, caso procesos erosivos, evitando cualquier tipo de asentamiento humano en ellas y cualquier actividad diferente a la protección ambiental. Esta zona comprende un área de 1.889,74 ha, correspondientes al 7,94 % del área total de la cuenca hidrográfica.

Zona de consolidación agraria: Localizada en todo el tramo medio de la cuenca hidrográfica, coincidente con las mayores concentraciones poblacionales, donde se incluyen la cabecera urbana del municipio de Ebéjico y los corregimientos de Palmitas, Sevilla, El Brasil y La Clara, además de las veredas con mayor población.

En esta zona se deberá buscar establecer relaciones espaciales efectivas entre las zonas urbanas y rurales mediante la adecuada integración de los elementos naturales y agropecuarios al paisaje; promover nuevas actividades económicas relacionadas o compatibles con la función ambiental, tales como agricultura orgánica, agroturismo y turismo rural, entre otras. Se trata de la Unidad de mayor extensión, alcanzando un total de 7.524,58 ha, correspondientes al 31,62 % del área total, atravesada por la vía troncal de occidente, la nueva vía Aburrá – río Cauca, además de la vía que conduce al municipio de Ebéjico.

Zona de protección ambiental: Los terrenos de esta Unidad se localizan en la parte baja de la cuenca hidrográfica, en las laderas de las cuchillas conocidas como Quirimará y Loma Hermosa, además de una serie de pequeñas áreas distribuidas a lo largo y ancho de la zona de consolidación agraria. El área cartografiada ocupa el 8,08 % del área de la cuenca, que corresponde a 1.922,19 ha.

Zona de actividades pecuarias y parcelaciones campestres: Localizada en la parte central y noroccidental de los tramos de las quebradas La Clara y La Sucia, y a lo largo de la denominada quebrada Seca, en inmediaciones del corregimiento Guayabal, vereda Quirimará – Placitas, Quirimará – Rodeo, Filo de San José y parte de las veredas La Honda y La Quiebra, San Nicolás, La Puerta y Guaymaral, en territorio de los municipios de Ebéjico, San Jerónimo y Sopetrán.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Para esta zona se propone entre otros, el mejoramiento de praderas con métodos intensivos a partir del reconocimiento de las limitaciones ecológicas de la zona y de los fines específicos de la ganadería local; implementación de programas de sistemas silvopastoriles, que puedan contribuir en el mejoramiento de los suelos y en la diversificación de la actividad ganadera. Esta Unidad es la segunda con mayor extensión de la cuenca hidrográfica, abarcando el 22,28 % de su territorio, correspondiente a 5.302,23 ha.

Zona de retiros a fuentes de agua: Esta zona hace referencia a todos los cordones de tierra aledaños a los 777, 4 kilómetros de longitud que suman las corrientes de agua de esta cuenca hidrográfica.

En estas zonas se propone la conservación de un franja mínima de 20 metros a lado y lado, no se estipulan los 30 m de que trata la Ley, buscando generar mayores posibilidades de negociación con los propietarios, especialmente en aquellos terrenos que no poseen áreas considerables, se proponen estrategias como el aislamiento, reforestación y generación de incentivos a la protección, entre otros.

Zona de corredores viales: Hace referencia a las áreas aledañas a los principales corredores viales que recorren la cuenca hidrográfica como es el caso de la vía al mar, conexión Aburrá – Río Cauca y la carretera principal que atraviesa la cuenca en su parte media, para intercomunicar la cabecera del municipio de Ebéjico. Para estas zonas se propone la ejecución de un mínimo plan de ordenamiento de las actividades y asentamientos que se desarrollan, incluyendo la relocalización, prohibición, recuperación de áreas aledañas.

5.1.7.1.2.3 Cuenca del río Aurra

Los usos potenciales del agua en la cuenca del río Aurra, se basan en los usos potenciales del suelo establecidos en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca, los cuales fueron definidos de acuerdo al sistema para la determinación de la capacidad agrológica de las tierras establecido por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales –USNR- del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América -USDA. Acorde con lo indicado a continuación se presentan las clases agrológicas presentes en la cuenca.

Clase II. Se localizan de forma dispersa en el área de la cuenca que pertenece al municipio de San Pedro de los Milagros, principalmente en los Llanos de Ovejas, ocupando un área de 1.126,22 ha.

Clase III. En la cuenca se tiene un total de 551,20 ha que pertenecen a esta clase agrológica localizadas en la llanura aluvial de las quebradas Charco Colorado (vereda El Tambo), en cercanía del casco urbano del municipio de San Jerónimo y la vereda Piedecuesta, así como en los nacimientos del río Aurra.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Clase IV. Este tipo de suelos es de buena productividad, está muy desaprovechado ya que se ha destinado a las parcelaciones y fincas de recreo, sin ningún aprovechamiento agrícola. Se localizan en las veredas: Llano de Aguirre, Veliguarín, El Calvario, Quimbayito, Piedra Negra, El Golfo, Llano de San Juan, gran parte de Las Estancias y un pequeño sector de Piedecuesta, en el municipio de San Jerónimo; así como en las veredas El Rodeo, Llano de Montaña, Guaimaral y Los Almendros del municipio de Sopetrán. En la cuenca pertenece a esta clase un área total de 2608,44 ha.

Clase VI. En la cuenca se presenta esta clase de suelo cubriendo un área de 5984,13 ha, en las cuencas de las quebradas La Espada y Grande; y gran parte del área de las veredas Cerezales, La Pulgarina, La Cuchilla (San Jerónimo) y El Rodeo (Sopetrán).

Clase VII. En la cuenca el área total definida en esta Clase Agrológica es de 11796,14 ha que se constituye en la mayor área del total de la cuenca. Ocupan la cabecera del municipio de San Jerónimo y las siguientes veredas: Tafetanes, Mestizo, Los Cedros, El Chocho, Poleal, Buenos Aires, Alto Colorado, Cabuyal, Montefrío y Pesquinal. Parte de: Loma Hermosa, Quimbayo, Los Alticos, Los Guayabos, Piedecuesta, La Ciénaga, Matasano, El Pomar y Mestizal.



Clase VIII. Esta clase se presenta en la cuenca abarcando un área de 1631,99 ha, que se localizan en las veredas: Los Guayabos, La Palma, Piedecuesta, Mestizal, Veliguarín, Piedra Negra, El Pomar, El Rincón, Aguamala, La Ciénaga, Matasano, Las Estancias, El Guaico, Llanos de San Juan, Murrapala y El Golfo (San Jerónimo).

5.1.7.2 **Inventario de todos los usos y usuarios y sus demandas hídricas**

A continuación se presentan la descripción de los principales usos identificados en la zona de estudio, posteriormente, se presenta el listado de usos del agua identificados durante el trabajo de campo en las corrientes que se interceptan con el trazado propuesto para el proyecto vial, se destacan entre ellas el uso recreativo dadas las actividades de turismo que predominan en la zona y el uso para consumo por la existencia y construcción de condominios y casas de descanso.

5.1.7.2.1 **Ganadería**

Dentro de las actividades productivas en el área del proyecto que hacen uso del agua, se incluye la ganadería a baja escala, actividad que se suple de acueductos veredales y corrientes superficiales; las cuales se presentan a continuación.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-121. Presencia de ganado en fincas a lo largo de la vía en San Jerónimo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-122. Bebedero para ganado vereda La Sucia, municipio de Medellín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-123 Bebedero para ganado vereda Naranjal, municipio de Medellín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.2.2 Consumo Humano

Las veredas del área de estudio tienen como principal fuente de abastecimiento las corrientes de la zona a través de acueductos veredales, usando el recurso principalmente en actividades domésticas y para consumo humano; las bocatomas o estructuras de captación se ubican en las partes altas de las cuencas con el propósito de obtener más presión durante

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

la conducción y distribución del agua.

En el sector entre Tunel de Occidente y San Jerónimo se identificaron algunos puntos principales, adicionalmente en algunos sectores se suplen de pozos o aljibes, que abastecen de agua cuando los sistemas de acueducto presentan falla o interminterencia en el servicio. (Ver Fotografías).

Fotografía 5-124. Tanques de almacenamiento en el sector de la Cuchilla, Municipio de Medellín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-125. Tubería que conecta a acueducto en el sector de Mestizal, Municipio de San Jerónimo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-126. Tanque de almacenamiento y distribución de agua cruda, en la vereda en Naranjal del municipio de Medellín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-127. Caja para captación de afloramiento de agua en la vereda Urquita del municipio de Medellín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-128. Acueducto Naranjal-Cuchilla-Uvito-Llano, con captación de la quebrada la Frisola. Tratamiento de desinfección



- **Uso recreativo y turístico**

Este uso en la zona está dado por la presencia de casas y muy pocos condominios vacacionales a lo largo del corredor vial existente, se desarrolla aproximadamente desde San Jerónimo con aumento considerable hacia el río Cauca, donde se destacan la presencia de proyectos en proceso de construcción de tipo recreativo o condominios. (Fotografía 5-129- Fotografía 5-130)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Fotografía 5-129. Viviendas en construcción o modificación de las mismas, La Volcana Guayabal del municipio de Medellin



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-130. Sitio recreativo en la Quebrada la Iguana en el sector de Boqueron en el municipio de Medellin



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.2.3 Uso industrial

En la zona de interés se identificó el uso del recursos para la extracción de materiales de arrastre, actividad que se ha facilitado por el periodo de sequía presente en la zona a finales de 2015 y comienzos de 2016.

Fotografía 5-131 Extracción de material en la quebrada La Frisola, vereda La Volcana-Guayabal del municipio de Medellín


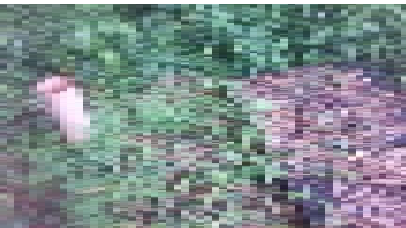





Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 5-79. Usuarios identificados en el trabajo de campo – cuerpos loticos

Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
		Norte	Este		
Loma Hermosa	Cañada Honda	12004107,9	11489581,7	Vertimiento de vivienda aledaña de tipo doméstico, carácter esporádico. Habitante de la vivienda indica que hacen captación más o menos 700 metros aguas arriba sobre la misma corriente.	
Loma Hermosa	Drenaje NN 06	11997301,7	11491924,4	Paso de tubería de acueducto veredal.	
Murrapala	Drenaje NN3	11981066,7	11506039,3	Vertimiento de vivienda aledaña de tipo doméstico, carácter esporádico.	




Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
11	San Jerónimo	Mestizal	Drenaje NN2	11974263,9	11501155,1	Tubería de vivienda aledaña que se conecta a acueducto veredal	
224	San Jerónimo	Piedra Negra	Drenaje NN 100	11982863,63	11504496,35	Presencia de reiduos por parte de los habitantes y restaurantes cercanos al a zona	
229	San Jerónimo	Piedra Negra	Drenaje NN 101	11978064,14	11504111,35	Captacion de agua por medio de manguera para uso dmoestico	




Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
13	Medellín	Urquita	Q. La Iris	11959267,8	11509842,8	Cruce de mangueras de acueducto veredal	
15	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Drenaje NN 25	11893409,1	11562196,3	Captación de agua a través de manguera para vivienda en la zona baja	



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)


A continuación en la Tabla 5-80 se muestran los usuarios identificados en la zona de estudio para el sector del Túnel.

Tabla 5-80. Usuarios identificados en el trabajo de campo en la zona correspondiente el Tunel de Occidente- Cuerpos Loticos

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas		Descripción	Foto
				Norte	Este		
12	Medellín	La Volcana-Guayabal	La Frisola	11914262,1	11536923,5	Zona de extracción de material de arrastre, durante visita no se presentaban actividades.	
64	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 101	11892825,73	11564215,27	Captación por medio de mangueras sobre un afluente de la quebrada La Culebra. Consumo agrícola y humano	
68	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 102	11892310,14	11564296,76	Captación por medio de manguera para consumo uso domestico	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas		Descripción	Foto
				Norte	Este		
6	Medellín	El Naranjal	Quebrada la Culebra	11892131,981	11566737,9	Captación por mangueras o directa por parte de los habitantes de esta zona, en específico para uso agrícola y uso doméstico, además de sistema riego	
187	Medellín	El Naranjal	Drenaje NN 103	11889782,71	11568220,86	Captación para uso ganadero	
190	Medellín	Boqueron	Quebrada la Iguana	11889369,81	11574571,34	Captación para uso agrícola y ganado, además está quebrada tiene uso recreativo por parte de los habitantes y personas que habitan la zona	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas		Descripción	Foto
				Norte	Este		
239	Medellín	Boqueron	Drenaje NN 104	11892264,52	11574017,18	Tubería de suministro de agua el cual proviene del acueducto veredal de la zona	
14	Medellín	C. San Cristóbal / V. Naranjal	Drenaje NN 23	11891173,9	11568239,3	Captación de agua para riego de cultivos a través de tanque y conducción con manguera.	